

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA  
OLBIA - GOLFO ARANCI - PORTO TORRES



**OGGETTO:**

PROGETTO DEFINITIVO:

HUB PORTUALE DI PORTO TORRES

PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E

RESECAZIONE BANCHINA ALTI FONDALI 1° E 2° STRALCIO

DATI	
Aggiornamento	Cod. Cliente
1° Febbraio 2015	

**QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

*Raggruppamento Temporaneo di Progettisti*

**sales**



SEACON  
Ing. Lucio Abbadessa



**INTERPROGETTI**

Ing. Marco Pittori

*Responsabile dell'integrazione fra le varie prestazioni specialistiche:* Ing. Marco Pittori

**RESPONSABILE DELLO STUDIO  
DI IMPATTO AMBIENTALE:**  
DOTT. GIORGIO CARDINALI

**SUPPORTO TECNICO:**  
ING. STEFANO SAFFIOTI  
DOTT. DANIELE BENSAAADI

**S.I.A.**

*Società Italiana per l'Ambiente*

Viale Alfredo Ottaviani, 110 • 00126 Roma  
Tel. 06.52.15.554 - 06.52.15.621 • Fax 06.52.15.553  
posta@siaenv.com • www.siaenvconsulting.com

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>STATO ATTUALE DELL'AREA PORTUALE DI PORTO TORRES.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>CONDIZIONAMENTI INDOTTI DA NATURA E VOCAZIONE DEI LUOGHI.....</b>	<b>10</b>
3.1.	Aspetti meteo-marini .....	10
3.2.	Aspetti geologici e geomorfologici .....	17
<b>4.</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Criteri e motivazioni del progetto .....	21
4.2.	Descrizione degli interventi previsti .....	21
4.3.	Alternative di progetto .....	28
<b>5.</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE .....</b>	<b>34</b>
5.1.	Attività del cantiere.....	34
5.2.	Approvvigionamento e smaltimento materiali .....	41
<b>6.</b>	<b>VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI .....</b>	<b>43</b>
6.1.	Premessa.....	43
6.2.	Metodologia utilizzata.....	43
6.3.	Matrici d'impatto .....	44
6.3.1.	Schede riassuntive degli impatti in fase di cantiere .....	44
6.3.2.	Schede riassuntive degli impatti in fase di esercizio .....	51
<b>7.</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>55</b>
7.1.	Elaborati grafici .....	55
7.2.	Appendici .....	55

## 1. PREMESSA

Il presente progetto definitivo costituisce approfondimento e sviluppo del preliminare posto a base di gara. Detto progetto è stato predisposto nel rispetto dell'Adeguamento Tecnico Funzionale (Parere favorevole del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n°136 reso nel corso dell'Adunanza del 27 Febbraio 2013) e del Piano Regolatore Portuale vigente, redatto ai sensi dell'art. 5 della Legge 28.01.1994, n°84 che ha ottenuto parere favorevole dal Consiglio Superiore dei LL.PP. dapprima con voto n.366 del 22.11.1996 e successivamente con voto n.218 del 24.05.2000, dal Ministero dell'Ambiente di concerto con il Ministero dei Beni Culturali col Decreto VIA n.4629 del 15.03.2000 ed infine è stato approvato dalla competente Regione Autonoma della Sardegna con Determinazione n.93/PT del 09.05.2001.

Il presente studio è redatto nell'osservanza delle prescrizioni del VIA originario.

I successivi adeguamenti tecnici funzionali, quello del 2003 che ha ottenuto parere favorevole del C.S.LL.PP. col voto n° 148 del 7 luglio 2004 (rimodulazione del banchinamento nel Molo di Ponente) e quello voluto dal Commissario delegato per l'emergenza, a seguito del D.P.C.M. 7 luglio 2004, (lavori di riallineamento delle banchine Segni, Dogana e di sud-ovest con demolizione del pontile del Faro) non hanno modificato le previsioni del PRP per ciò che attiene l'opera in esame.

L'opera si inserisce nell'ambito dei lavori di adeguamento del porto civico di Porto Torres al PRP, iniziati nel 2002 con diversi interventi finanziati dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti:

- Lavori di costruzione del nuovo antemurale di Ponente;
- Lavori di escavo del bacino portuale commerciale per adeguarlo alle previsioni del PRP;
- Lavori di riallineamento delle banchine Segni, Dogana e di Sud ovest (predisposti in ambito emergenziale);
- Lavori di realizzazione degli impianti nel nuovo antemurale di Ponente (predisposti in ambito emergenziale);

ovvero dalla Regione Autonoma della Sardegna:

- Lavori di completamento della pavimentazione, sistema di security e viabilità di accesso del nuovo antemurale di Ponente;
- Lavori escavo del bacino storico in corrispondenza delle nuove banchine Segni-Dogana.

Il presente progetto definitivo è stato sviluppato nel rispetto dei requisiti tecnici inderogabili di cui all'art.2 del doc. G.01 del Progetto Preliminare posto a base di gara.

Si riporta di seguito una check list di riscontro dei requisiti, da cui si evince come, nel progetto definitivo in esame, alcuni elementi siano stati oggetto di miglioramento (in neretto nella tabella sottostante e/o descritte negli elaborati progettuali).

REQUISITI TECNICI INDEROGABILI	PROGETTO DEFINITIVO
Vita nominale delle opere strutturali: VN= 50 anni	<b>100anni</b>
Classe d'uso: Classe II	✓
<b>Prolungamento Antemurale di Ponente:</b>	
Lunghezza minima molo a cassoni: L= 680 m	✓
Vita utile diga a cassoni: Vu= 30 anni (Istruzioni tecniche per la progettazione delle opere marittime 1996 – Consiglio Superiore dei LL.PP.)	<b>50 anni</b>
Vita utile strutture di c.a.: Vu= 50 anni (Norme Tecniche 2008)	<b>100anni</b>
Caratteristiche moto ondoso di progetto:	
<i>Stati limite ultimi i eccezionali</i>	
Tr= 100 anni	<b>220 anni</b>
Hs= 5.50 m	<b>5.80 m</b>
Ts= 9.8 s	✓
incidenza dell'onda perpendicolare all'asse dell'opera	✓
<i>Stati limite ultimi i ordinari</i>	
Tr= 25 anni	<b>50 anni</b>
Hs= 4.70 m	
Ts= 8.6 s	✓
incidenza dell'onda perpendicolare all'asse dell'opera	✓
Calcestruzzo cassoni classe C35/45 classe di esposizione XS3	✓
Calcestruzzo sovrastruttura classe C35/445 classe di esposizione XSS3	✓
Acciaio per armature cassoni cellulari: B450C	✓
Acciaio per armature sovrastruttura e muro paraonde : B450C zincato a caldo	✓
Quota <b>massima</b> fondazione cassoni: Qf= -14.00 m s.m.m.	<b>-15.50 m s.m.m.</b> <b>-17.50 m s.m.m.</b>
Quota sommità muro paraonde: Qc= +4.00 m s.m.m.	✓
Larghezza minima fusto dei cassoni: b== 13.50 m	✓
Spessore minimo parete longitudinale lato mare	✓

forata dei cassoni: s= 0.60 m	
Spessore <b>minimo</b> pareti laterali esterne e longitudinale esterna lato porto dei cassoni: s= 0.40 m	<b>s= 0.60m</b>
Spessore <b>minimo</b> pareti interne: s= 0.25 m	<b>s= 0.40m</b> <b>s= 0.25m</b>
Parete esterna lato porto forata e cella antirisacca	✓
Celle interne riempite con n materiale arido e cls magro	✓
Protezione del piede del cassone lato mare con massi naturali	✓
Predisposizione cavidotti per passaggio servizi: min nn°3 PVCØ200 con pozzetti di ispezione ogni 20 m	✓
<b>Resecuzione della testata del Molo di Levante:</b>	
Quota piazzale: +1.90 m s.m.m.	✓
Vita utile nuova banchina di testata: Vu= 50 anni (Norme Tecniche 2008)	<b>100anni</b>
Calcestruzzo nuovo muro di banchina e sovrastruttura classe C35/45 classe di esposizione XS3	✓
Acciaio per armature strutture muro di banchina B450C	✓
Acciaio per armature sovrastruttura B450C zincato a caldo	✓
Quota fondale di progetto:: Qf= -10.00 mm s.m.m.	✓
Quota coronamento: Qc= +1.90 m s.m.m.	✓
Sovraccarico accidentale applicato sul piano di banchina nella posizione più sfavorevole: 200 kN/m <sup>2</sup>	<b>100anni</b>
Quota <b>inferiore</b> sovrastruttura di c.a. lato mare: <b>max</b> -1.00 m s.m.m.	<b>-2.00 m s.m.m</b>
Predisposizione cavidotti per passaggio servizi: min nn°3 PVC Ø200 con pozzetti di ispezione ogni 20 m	✓

Oltre alle sopra elencate migliorie tecniche, il presente progetto definitivo prevede un significativo riutilizzo dei materiali provenienti da salpamenti e demolizioni e un organizzazione del cantiere tali di ridurre sensibilmente gli impatti a carico dell'ambiente (vedi par. 5.2 e par. 6.3 per i dettagli).

Il progetto ha inoltre posto particolare attenzione alla mitigazione e compensazione degli impatti, in fase di gara è stata redatta apposita Relazione Tecnica (riportata in APPENDICE 2), con allegato grafico (riportata in TAV 5), nella quale sono state sinte-

tizzate le migliorie proposte al progetto posto a base di gara per aumentarne la qualità ambientale.

## **2. STATO ATTUALE DELL'AREA PORTUALE DI PORTO TORRES**

Il porto di Porto Torres è, secondo l'art.4 della Legge n°84 del 28.01.1994, classificato in categoria II, classe I, (porti, o specifiche aree portuali, di rilevanza economica internazionale); questo ha, secondo il comma 2 dell'art.4 della Legge n°84 del 28.01.1994, le seguenti funzioni:

- commerciale;
- industriale e petrolifera;
- di servizio passeggeri;
- peschereccia;
- turistica e da diporto.

Quello di Porto Torres è il secondo scalo della Sardegna, in ordine di passeggeri, e primo per quantità di merci. Viene oramai inteso come un'unica struttura che comprende: il porto civico (destinato alle navi ro/ro passeggeri e merci e al traffico da diporto), il porto industriale (banchine c.d. ASI e i due pontili ex Enichem, ora Polimeri Europa, il pontile liquidi ed il pontile carichi secchi non più utilizzato) e il terminal E.ON già Endesa, sulla diga foranea, destinato al traffico di combustibili solidi (principalmente carbone) e liquidi (olio combustibile) destinati alla centrale elettrica.

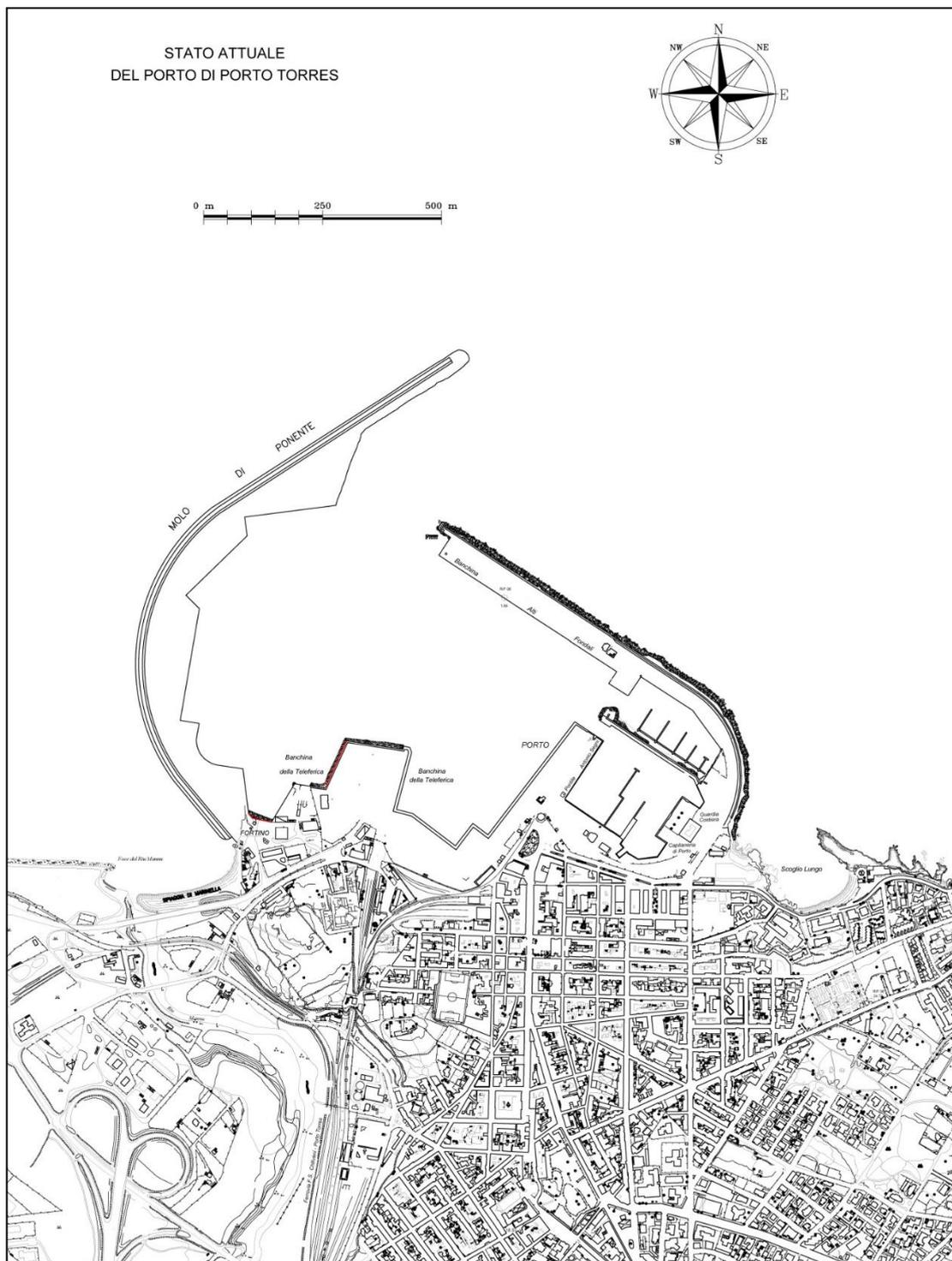
Il porto civico (interessato dal presente progetto) insiste in parte sull'antico porto medioevale (il porto romano era posizionato alla foce del rio Mannu) è stato recentemente ristrutturato ed attualmente comprende il Molo di Ponente, con tre accosti per ro/ro di oltre 200 metri, la banchina della teleferica con un accosto ro/ro, la banchina Segni/dogana di oltre 300 metri destinata alle navi da crociera, la banchina degli alti fondali con accosto ro/ro.

Sul piazzale della "teleferica" insistono la sede della Sanità Marittima e il mercato del pesce, attualmente in fase di realizzazione.

Nella darsena della Capitaneria è sistemato il porto turistico con circa 400 posti barca a banchina e su pontili galleggianti. Lavori in corso ampliaranno la disponibilità degli ormeggi.

La Banchina dell'Alto Fondale è la banchina che chiude il porto. Ad oggi è utilizzata per l'attracco delle navi della SNCM, CMN e Moby Lines. È stata realizzata tra gli anni '50/60 completamente in trachite rossa.

La Banchina di Ponente è l'estremità massima del porto verso ovest. Attualmente in fase di ampliamento, potrà ospitare oltre quattro navi di grosse dimensioni, fino ai 300 metri di lunghezza.



**Figura 2-1: stato attuale del porto civico**

Il porto industriale formato da diversi denti d'attracco e diviso in due parti, una accessibile e l'altra vietata ai non addetti ai lavori, è situato fuori dal centro abitato. La prima, denominata ex ASI può ospitare contemporaneamente quattro traghetti, ad oggi

quelli provenienti da Genova (GNV e Tirrenia ) e navi merci cariche di container e rinfuse (sabbia e minerali) per le quali sono disponibili ampi piazzali.

La parte non accessibile, invece, è esclusivamente destinata a petroliere, gasiere, chimichiere e carboniere. I pontili ex SIR ex Enichem, ora Polimeri Europa, sono in concessione e destinati al traffico industriale, il primo con cinque accosti per carichi liquidi; il secondo adibito ai carichi secchi, è inutilizzato da anni.

La banchina che si appoggia alla diga foranea ospita, invece, il terminal ex Enel ex Endesa ora E.ON e ha una lunghezza di circa 500 metri; è destinata a ricevere le navi che trasportano il combustibile (carbone e/o olio combustibile) per la centrale elettrica.

In progetto è la realizzazione di un Molo a Levante a protezione dell'ingresso al porto civico e gli accosti nella banchina di Ponente.

La configurazione del porto di Porto Torres deriva dal vigente Piano Regolatore Portuale (approvato con Determinazione Regionale n° 93/PT del 09/05/2001) e successivi adeguamenti tecnici funzionali, compreso l'ultimo approvato nel 2003 relativamente alla rimodulazione del banchinamento nel Molo di Ponente che non modifica le previsioni del PRP in quanto opera destinata esclusivamente a garantire la protezione dall'ingresso del moto ondoso proveniente da I settore al bacino interno portuale e quindi non ha alcuna destinazione funzionale.

### **3. CONDIZIONAMENTI INDOTTI DA NATURA E VOCAZIONE DEI LUOGHI**

Per la progettazione delle opere si è fatto riferimento alla documentazione a supporto del progetto preliminare, opportunamente approfondita, per ciò che concerne gli aspetti meteo marini e geologici. Per quanto riguarda le quote topo-batimetriche è stata effettuata una nuova campagna di rilievi.

#### **3.1. Aspetti meteo-marini**

Sebbene non esistono precisi riferimenti normativi che fissano la conformazione planimetrica e la lunghezza del canale di accesso, le dimensioni e la geometria dell'avamposto e dell'area di manovra, tutti gli esperti di costruzioni marittime concordano ormai su alcuni principi fondamentali da rispettare nella progettazione degli accessi ai porti, comprendenti canale esterno, imboccatura e avamposto.

Tra i vari principi, è un fatto ormai universalmente accettato che la rotta di accesso a un porto deve essere perfettamente rettilinea, per una distanza pari ad almeno 5÷6 volte la lunghezza della cosiddetta "nave di progetto", cioè della nave di maggiori dimensioni o di peggiori caratteristiche di manovrabilità che si prevede debba frequentare il porto.

La sezione terminale del canale di accesso coincide con l'imboccatura portuale. La larghezza del canale di accesso e dell'imboccatura, in linea di massima, devono essere pari ad almeno 5÷6 volte la larghezza della nave, se è consentito il transito contemporaneo nelle due direzioni opposte. Essendo il rapporto fra larghezza e lunghezza delle navi moderne dell'ordine di 1/6÷1/7, se ne deduce che la larghezza dell'imboccatura è all'incirca uguale o di poco inferiore alla lunghezza della nave di progetto.

Le effettive dimensioni del canale, larghezza e profondità, devono essere commisurate sia all'immersione della nave che alle caratteristiche del moto ondoso, delle correnti e del vento che si possono verificare all'atto della manovra della nave in ingresso o in uscita.

Per le "navi di progetto" sono state assunte le seguenti caratteristiche fondamentali:

- nave ro-pax lunga 210 m, larga 32 m, con immersione di 7,5 m;
- nave da crociera lunga 320 m, larga 40 m, con immersione di 8,5 m.

Ambedue i tipi di nave sono molto manovrieri, nel senso che sono caratterizzati da una motorizzazione potente e da una serie di ausili, non sempre presenti contemporaneamente, che facilitano l'evoluzione (doppia elica poppiera, eliche trasversali prodiere e/o poppiere).

Poiché nello studio relativo al porto civico intervengono anche considerazioni circa le possibili interferenze delle rotte di ingresso e di uscita con quelle relative al vicino porto industriale, per questo si è assunta come nave di progetto una:

- nave porta-rinfuse lunga 300 m, larga 45 m, con immersione di 17,5 m.

A Porto Torres le correnti sono normalmente di debole intensità, se raffrontate alla velocità delle navi. Il vento può costituire un fattore importante, data la violenza con cui spesso spira nella località e l'altezza che spesso raggiunge l'opera morta delle navi, soprattutto da crociera e ro-pax.

L'onda costituisce anch'essa un fattore importante. E' pericolosissima se raggiunge condizioni di frangimento, come accade di frequente nei porti turistici. Ma può dare luogo a seri problemi anche in assenza di frangimento, in quanto può indurre nella nave oscillazioni tali da rendere poco efficace l'azione del timone e da richiedere comunque sovraprofondità per impedire contatti con il fondale.

Le oscillazioni più pericolose sono quelle di rollio, il cui periodo può facilmente approssimarsi a quello delle onde, anche per le navi più grandi. Sono comunque pericolosi anche i movimenti di beccheggio e di sussulto, ma in generale vanno tenuti presenti tutti i possibili movimenti traslatori e oscillatori, nonché quelli dovuti all'abbassamento della poppa delle navi in condizione di fondali bassi ( lo squat ). Da un altro punto di vista, esistono condizioni limite per l'ingresso di una nave in un porto perché, se l'agitazione ondosa è troppo elevata, può essere impossibile la salita a bordo del pilota del porto, in molti casi obbligatoria. Analoga limitazione non sussiste in generale per le manovre di uscita.

Quanto sopra detto induce sempre più spesso a prescegliere rotte di accesso ai porti all'incirca perpendicolari alla linea di costa e comprendenti un molo di sopraflutto più o meno parallelo alla linea di costa e un molo di sottoflutto ad esso ortogonale.

Di seguito si riportano in modo schematico i principali studi effettuati in sede di progettazione preliminare/definitiva e le relative conclusioni:

- caratteristiche del clima ondoso,
- penetrazione del moto ondoso,
- effetti dell'opera sul litorale.

#### Caratteristiche del clima ondoso:

Per la definizione del clima di moto ondoso e dell'onda di progetto, non essendo presenti all'interno del golfo dell'Asinara delle boe ondometriche (ad eccezione di quella di Fiume Santo, gestita dall'ENEL e parzialmente utilizzabile sia perché non direzionale e sia a causa del breve tempo di funzionamento 1984 - 1986) si è fatto riferimento alla ricostruzione ("hindcasting") del moto ondoso da parte del centro meteorologico europeo (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF), corretto dell'errore sistematico, presente in questi tipo di modello, con i dati misurati dalla boa ondometrica direzionale di Alghero, della Rete Ondometrica Nazionale gestita dall'APAT.

A seguito di una elaborazione statistica della serie di eventi di moto ondoso, ricostruita al largo di Porto Torres è stato possibile definire le altezze d'onda significative associate a vari tempi di ritorno, applicando la metodologia P.O.T definita da "Goda" ed utilizzando le comuni formulazioni di regolarizzazione statistica (Gumbel e Weibull).

Successivamente, per determinare le caratteristiche del moto ondoso in prossimità della nuova opera, è stata eseguita, con un opportuno modello matematico, la propagazione largo-riva della serie storica trasposta al largo del sito in esame.

Di seguito si riporta la sintesi delle altezze significative d'onda al largo prese in considerazione nel progetto preliminare:

<b>ALTEZZE SIGNIFICATIVE D'ONDA AL LARGO PROGETTO PRELIMINARE</b>	<b>Tr [anni]</b>	<b>Hs [m]</b>
SLU "ordinari"	25	4.70
SLU "eccezionali"	100	5.50

In fase della presente progettazione definitiva si è scelto di aumentare la vita utile delle opere così come di seguito riportato:

	<b>Progetto base gara</b>	<b>Progetto definitivo</b>
Vita utile opere strutturali (VN) – NTC 2008	50 anni	<b>100 anni</b>
Vita utile della diga a cassoni (Vu) – Istruzioni tecniche per la progettazione delle opere marittime 1996 - CSLP	30 anni	<b>50anni</b>

Da ciò consegue l'utilizzo, nelle verifiche agli stati limite, di altezze d'onda estreme con valori del tempo di ritorno pari a 220 anni (SLU eccezionali) e 50 anni (SLU ordinari).

Per tempi di ritorno  $Tr=50$  anni e  $Tr=220$ anni si assumono, come altezze significative dell'onda a largo, i valori riportati nella seguente tabella, determinati dallo studio meteo-marino allegato al progetto preliminare:

<b>ALTEZZE SIGNIFICATIVE D'ONDA AL LARGO PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>Tr [anni]</b>	<b>Hs [m]</b>
SLU "ordinari"	<b>50</b>	<b>5.30</b>
SLU "eccezionali"	<b>220</b>	<b>5.80</b>

### Effetti dell'opera sul litorale:

Lo studio proposto di seguito è stato condotto nell'ambito della progettazione delle opere per l'Adeguamento Tecnico Funzionale del PRP vigente, che prevede – come detto in premessa - le opere del presente progetto definitivo a meno del nuovo Molo di Levante.

I risultati delle simulazioni sono stati analizzati anche al fine di valutare in maniera oggettiva eventuali possibili ripercussioni negative sul tratto di costa posto subito ad Est del porto Civico in seguito alla realizzazione degli interventi.

Per tre aree opportunamente definite sono state analizzate e messe a confronto, i livelli di agitazione ondosa ottenuti in seguito all'azione del moto ondoso associato alle condizioni estreme tra la configurazione attuale e quella in progetto.

Lo studio è stato condotto con il modello numerico di propagazione del moto ondoso agli elementi finiti CGWAVE che consente di simulare il processi di trasformazione del moto ondoso (rifrazione, diffrazione e riflessione) sottocosta e all'interno dei bacini portuali.

I livelli di agitazione ondosa, espressi intermini di valore medio dell'altezza d'onda significativa, ottenuti nelle tre aree per le due configurazioni analizzate sono posti a confronto in .



**Figura 3-1: Aree di studio utilizzate per il confronto dei livelli di agitazione ondosa ottenuti con le configurazioni attuale e di progetto**

Dal confronto emerge che le nuove opere, con particolare riferimento al molo di sopraflutto, non alterano in maniera significativa il moto ondoso incidente, ovvero lungo le spiaggette prospicienti il Lungomare Balai non si riscontrano sensibili variazioni dei livelli di agitazione ondosa dovuti al campo d'onda riflesso dalle nuove opere e pertanto si ritiene che tali spiagge non subiranno rilevanti variazioni dal punto di vista morfodinamico.

Dir=20 °N; H=4.5 m; T=9 s		
Valore medio		
Area	ATT	ATF
A1	1.15	1.13
A2	1.51	1.49
A3	2.96	2.86

Dir=350 °N; H=4.5 m; T=9 s		
Valore medio		
Area	ATT	ATF
A1	1.18	1.16
A2	1.51	1.49
A3	2.91	2.82

Dir=50 °N; H=4.5 m; T=9 s		
Valore medio		
Area	ATT	ATF
A1	1.15	1.12
A2	1.45	1.44
A3	2.86	2.75

Dir=70 °N; H=2.5 m; T=7 s		
Valore medio		
Area	ATT	ATF
A1	1.10	1.08
A2	1.02	1.04
A3	1.18	1.19

**Tabella 3-1: valori medi dell'altezza d'onda calcolati in condizioni meteomarine estreme per le tre aree**

Si fa presente che, sebbene le simulazioni abbiano compreso il Nuovo Molo di Levante, esso risulta "messo in ombra" dall'opera più aggettante e rappresentata dall'Antimurale di Ponente. Si ritengono pertanto valide le conclusioni delle modellazioni eseguite nell'ambito dell'Adeguamento Tecnico Funzionale.

#### Penetrazione del moto ondoso:

Anche gli effetti della penetrazione del moto ondoso sono stati studiati nell'ambito della progettazione preliminare per l'Adeguamento Tecnico Funzionale del porto.

Lo studio è stato condotto (ai sensi del D.M. 14/4/1998), applicando il modello matematico agli elementi finiti denominato SMS (Surfacewater Modeling System), che risolve le equazioni non lineari per le acque basse (non linear shallow water equations).

Tale studio è stato condotto con l'obiettivo di fornire indicazioni oggettive sulla validità e funzionalità della nuova imboccatura portuale proposta dall'Adeguamento Tecnico Funzionale in relazione alle condizioni di sicurezza delle imbarcazioni sia in fase di stazionamento che durante le manovre di ingresso ed uscita dal porto.

In particolare sono stati messi a confronto, per tre diversi schemi portuali scelti per il Porto Civico di Porto Torres, che rappresentano rispettivamente lo stato attuale, la configurazione di Piano Regolatore Portuale vigente e la configurazione proposta dall'Adeguamento Tecnico Funzionale, i valori del campo d'onda riflesso ed i livelli di agitazione ondosa residua all'interno del porto civico conseguenti a stati di mare opportunamente scelti e rappresentativi sia delle condizioni ordinarie (associate ad un tempo di ritorno annuale) che estreme (associate a tempi di ritorno decennali e cinquantennali).

Dall'analisi dei risultati ottenuti dall'applicazione del modello CGWAVE per le tre configurazioni portuali prese in esame (attuale, PRP vigente e Adeguamento Tecnico Funzionale) per il porto civico di Porto Torres, si evidenzia come in generale il moto ondoso incidente propagandosi all'interno dello specchio portuale viene rapidamente attenuato per effetti di diffrazione e riflessione parziale causati dalle opere che delimitano il bacino stesso.

La riduzione del livello di agitazione ondosa all'interno del bacino portuale ed in particolare in corrispondenza delle banchine interne del Molo di Levante migliorano progressivamente passando dalla configurazione di Piano Regolatore a quella di Adeguamento Tecnico Funzionale.

Nella tabella di seguito riportata sono indicate le caratteristiche del moto ondoso residuo all'interno del bacino protetto, lungo le banchine interne del Molo di Levante per le tre configurazioni analizzate e per le condizioni di moto ondoso prese in considerazione.

Esaminando in dettaglio i risultati ottenuti dalle diverse simulazioni si nota che, anche nelle condizioni più gravose, le modifiche da apportare alle opere esterne del porto civico di Porto Torres previste nel Piano Regolatore Portuale vigente proposte dall'Adeguamento Tecnico Funzionale, garantiscono una sensibile riduzione dei livelli di agitazione ondosa residua all'interno del porto stesso con evidenti miglioramenti sulle condizioni di sicurezza sia delle navi che effettuano le manovre di ingresso e di uscita dal porto, sia per quelle che effettuano le manovre di accosto ed ormeggio alle banchine interne del Molo di Levante sia per lo svolgimento delle operazioni di imbarco e di sbarco dei traghetti ormeggiati alle suddette banchine.

In particolare nella configurazione delle opere di difesa di Adeguamento Tecnico Funzionale proposta, nell'area di evoluzione posta all'interno dell'avamposto, per entrambe le direzioni di provenienza dei moti ondosi più intensi (20°N e 50°N), i livelli di agitazione ondosa si riducono di oltre il 50% rispetto alla configurazione di P.R.P., passando da altezze d'onda medie dell'ordine di 2.00÷2.50 m a valori mediamente inferiori ad 1.00 m. Analogamente lungo le banchine interne del Molo di Levante, ed in particolare in corrispondenza della banchina più interna dove si osservano attualmente i valori più elevati di altezza d'onda residua, si realizza una analoga riduzione dei livelli di agitazione ondosa e le altezze d'onda massime passano da valori massimi dell'ordine di 1.00÷1.80 m a valori di 0.20÷0.90 m.

Per i moti ondoso provenienti dalla direzione 70°N, a causa della minore protezione fornita dal Molo di Ponente, nella configurazione di Adeguamento Tecnico Funzionale risultano livelli di agitazione residua generalmente superiori di quelli corrispondenti alla configurazione di P.R.P. Peraltro, considerato che da tale direzione le caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza dell'imboccatura portuale sono decisamente meno gravose che per le altre direzioni ( $H_s = 1.00$  m), i livelli di agitazione ondosa residua all'interno di tutto il bacino portuale, anche nella configurazione di A.T.F., raggiungono valori (30 cm) che non influenzano in alcun modo l'operatività degli attracchi.

Le simulazioni condotte confermano inoltre, nell'attuale configurazione delle opere di difesa del porto, la mancanza di una adeguata protezione dall'ingresso dei moti ondosi provenienti dal settore di traversia analizzato (da 20°N a 70°N).

Configurazione	Direzione (°N)	Altezza d'onda (m)	Periodo (s)	Valore massimo dell'altezza d'onda (m)
Stato Attuale	20	4.00	8.50	0.50
	20	4.30	9.00	1.00
	20	4.50	9.00	1.00
	50	4.00	8.50	2.00
	50	4.30	9.00	2.00
	50	4.50	9.00	2.00
	70	1.00	5.00	0.30
P.R.P. Vigente	20	4.00	8.50	1.00
	20	4.30	9.00	1.00
	20	4.50	9.00	1.00
	50	4.00	8.50	1.80
	50	4.30	9.00	1.80
	50	4.50	9.00	1.80
	70	1.00	5.00	0
A.T.F.	20	4.00	8.50	0.20
	20	4.30	9.00	0.30
	20	4.50	9.00	0.30
	50	4.00	8.50	0.50
	50	4.30	9.00	0.80
	50	4.50	9.00	0.90
	70	1.00	5.00	0.30

**Tabella 3-2: valori massimi dell'altezza d'onda lungo le banchine di ormeggio**

In conclusione, sulla base delle simulazioni effettuate, si può affermare che la configurazione proposta dal presente progetto per il porto civico di Porto Torres garantisce una maggiore protezione dalle onde proveniente dall'intero settore di traversia principale (settore di tramontana-levante) riducendo in maniera significativa i valori dell'altezza d'onda residua lungo tutto le banchine e nelle zone destinate all'evoluzione delle imbarcazioni, con notevoli vantaggi sulla sicurezza e sull'operatività del porto.

### **3.2. Aspetti geologici e geomorfologici**

All'interno dell'area di Porto Torres sono stati realizzati, negli anni, numerosi interventi progettuali e di caratterizzazione ambientale. I sondaggi effettuati per le finalità esposte sono risultati un valido strumento conoscitivo per gli inquadramenti di carattere litostratigrafico e geotecnico.

Nel'area d'interesse sono state eseguite diverse campagne di indagine:

- Campagna indagine 2014 eseguita dalla Sarda Sondaggi srl in corrispondenza dell'area interessata dalla futura ubicazione del tratto di banchina per il prolungamento dell'Antemurale di Ponente.

- Campagna d'indagine 2014, eseguita alla Sarda Sondaggi srl in corrispondenza della Banchina Alti Fondali esistente.
- Campagna d'indagine 2009, eseguita da SI.GE srl di Cagliari lungo il futuro sviluppo del Nuovo Molo di Levante per la realizzazione dell'avamposto.
- Campagne d'indagine dal 1987 al 2004, nell'area portuale del Porto Commerciale (area non direttamente interessata dalla realizzazione delle opere).

La ricostruzione stratigrafica delle aree interessate dalle opere in progetto è stata effettuata facendo riferimento in maniera specifica ai risultati dei sondaggi delle campagne di indagine del 2014, eseguite direttamente in corrispondenza dello sviluppo delle opere; i risultati disponibili relativi alle altre campagne d'indagine sono stati considerati ai fini dell'inquadramento geotecnico generale dell'area portuale.

Dall'esame di profili stratigrafici si riconosce la presenza di un basamento lapideo costituito da calcareniti, sul quale poggiano i depositi detritici di copertura, di natura prevalentemente sabbiosa; lo spessore di tali litotipi risulta fortemente variabile in relazione all'ubicazione della zona d'indagine.

Per le zone d'intervento, l'assetto stratigrafico, può essere così riassunto:

#### Settore prolungamento Molo di Ponente

- Strato A

Depositi detritici di copertura del substrato calcarenitico miocenico (Olocene). Sono costituiti da sabbie, da medie a grossolane, da poco a mediamente addensate, sature e di colore ocra, con la presenza di ghiaie sub arrotondate poligeniche, con numerosi resti algali. Sulla base dell'incrocio fra i risultati dei sondaggi, dei pozzetti e delle prove asta-punta, è stato possibile verificare che lo spessore medio di questa unità litologica è pari a circa 0.40 metri, variabile fra un minimo di 0.20 metri e un massimo di 0.80 metri;

- Strato B

Il substrato calcarenitico è posto ad una profondità media di circa 0.40 metri al di sotto dei terreni detritici di copertura dello strato A. Le calcareniti del substrato sono state intercettate in tutti e quattro i sondaggi eseguiti ma è stato possibile campionarle solo in corrispondenza dei sondaggi SMP\_02 e SMP\_04. Il substrato litoide calcarenitico è presente senza soluzione di continuità in tutte le indagini eseguite entro la profondità media di circa 0.40 metri. L'area d'intervento risulta essere caratterizzata dall'affioramento di una coltre eluvio-colluviale e da un substrato costituito dai depositi flyshoidi, del complesso delle Argille vari colori, riferibili all'Unità delle Sicilidi.

#### Settore resecazione banchina alti fondali:

- Strato A

Corpo e strato di fondazione della banchina costituita da una massicciata poligenica ed eteromorfa, con massi e blocchi, di spessore pari a 15 m circa; Depositi detritici di copertura del substrato calcarenitico miocenico (Olocene);

- Strato B

Depositi detritici di copertura costituiti da sabbie, talora con intercalazioni limoso-argillose decimetriche, di spessore superiore a 13 metri. Infatti, alla profondità mas-

simila raggiunta dal sondaggio S3, pari a 28 metri, non è stato intercettato lo strato di appoggio, presumibilmente costituito dal substrato calcarenitico miocenico.

Dal punto di vista geomorfologico le aree a maggiore rischio sono costituite dalla falesia nel tratto di costa ad Est del porto (Figura 3-2).

Il territorio del comune di Porto Torres è costituito da una fascia costiera pianeggiante o debolmente ondulata, ne consegue che l'unica area con problemi di stabilità è rappresentata dalla falesia costiera, nel settore compreso tra il nucleo storico dell'abitato e il confine comunale con Sorso. Si tratta di una serie pressoché continua di pareti rocciose, impostate su calcari miocenici, soggette a periodiche frane per crollo causate, prevalentemente, dall'erosione marina al piede e, secondariamente, dall'azione delle acque di pioggia. Un ulteriore fattore di instabilità è costituito dalla presenza di cavità carsiche all'interno di detti calcari, spesso dotate di ingressi a mare, il cui sviluppo nell'interno spesso non è ben conosciuto. In tale senso la zona più a rischio è costituita dal promontorio di Balai.

Per quel che concerne il rischio idraulico, questo è limitato all'area golenale del Riu Mannu, come evidenziato in Figura 3-2.

Le zone individuate dal PAI (rischio frane e rischio alluvioni) non hanno influenza diretta e indiretta con le opere in progetto.



**Figura 3-2: Zonizzazione Piano Assetto Idrogeologico (rischio idraulico e rischio geomorfologico)**

Dal punto di vista della classificazione sismica si rileva che il territorio comunale di Porto Torres ricade in una zona con livello di rischio sismico 4.

Regione	Provincia	Cod_Istat	Denominazione	Zona sismica 2014
Sardegna	Sassari	20090058	Porto Torres	4

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborato di progetto.

## **4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

### **4.1. Criteri e motivazioni del progetto**

Il 5 marzo del 2008, con decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, la circoscrizione territoriale dell'Autorità Portuale di Olbia e Golfo Aranci è stata estesa anche al porto di Porto Torres, intendendosi con questa denominazione ambedue i porti che ricadono nell'ambito comunale, detti rispettivamente civico e industriale.

L'Autorità si è trovata immediatamente alle prese con il problema di "navigabilità" sopra evidenziato, che non è possibile risolvere nei tempi brevi predisponendo un nuovo P.R.P., indispensabile strumento programmatico la cui redazione è stata già attivata, ma il cui iter di redazione e approvazione è inevitabilmente di durata temporale molto estesa. Si è posta pertanto il quesito della possibilità di accelerare i tempi di realizzazione di un'opera fondamentale per il buon funzionamento del porto.

L'Autorità ritiene applicabile nel caso in esame la procedura dell'adeguamento tecnico funzionale, la quale, secondo quanto indicato nel voto n. 93/2009 dell'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, " si applica a qualsiasi proposta di revisione e/o aggiornamento al P.R.P. vigente che, pur riguardando aspetti infrastrutturali anche significativi, è comunque finalizzata al perseguimento degli obiettivi del P.R.P. vigente, mantenendone inalterate le scelte strategiche di base".

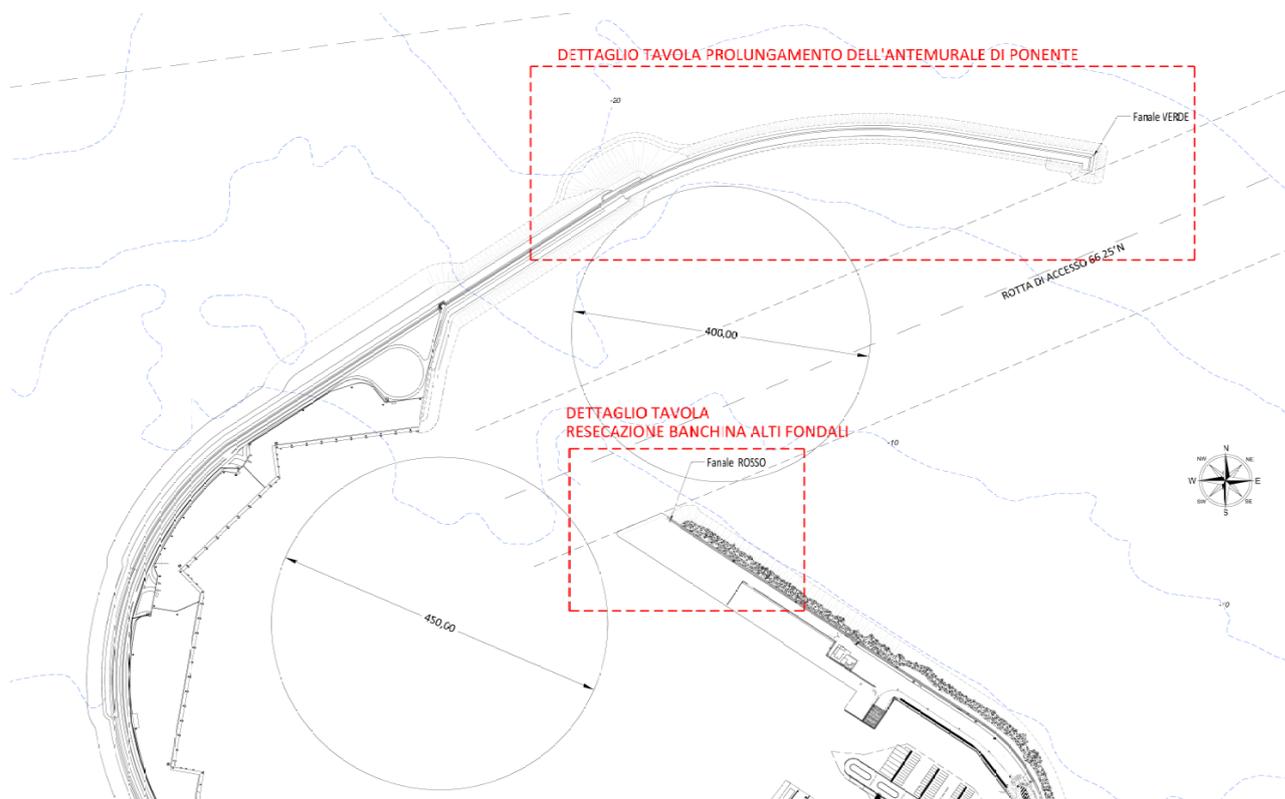
La proposta di modifica o adeguamento delle opere foranee di protezione dal moto ondoso non modifica gli obiettivi del P.R.P. vigente, anzi ne favorisce il conseguimento, qualora vengano soddisfatte in modo razionale e incontrovertibile le esigenze di buona navigabilità e di valida protezione dalla penetrazione del moto ondoso. Si tratta di due obiettivi fra loro contrastanti il conseguimento dei quali ha sempre costituito la massima sfida per i progettisti delle opere portuali.

L'opera in progetto deriva quindi dall'Adeguamento Tecnico Funzionale del PRP vigente (progettazione preliminare delle opere) nato dall'esigenza di garantire una adeguata protezione alle banchine dell'antemurale di Ponente dall'agitazione proveniente dal primo quadrante. In mancanza di tale prolungamento, infatti, nei casi più critici rilevati negli ultimi anni, le agitazioni di grecale hanno prodotto, in corrispondenza degli accosti, onde di altezza pari a circa 2,0 - 2,5 m, incompatibili con la presenza e lo stazionamento di qualsiasi natante.

### **4.2. Descrizione degli interventi previsti**

Le opere previste dal presente progetto sono rappresentate nello schema planimetrico di Figura 4-1. Gli interventi sono distinti in:

- Prolungamento dell'Antemurale di Ponente;
- Resezione del Nuovo Molo di Levante.

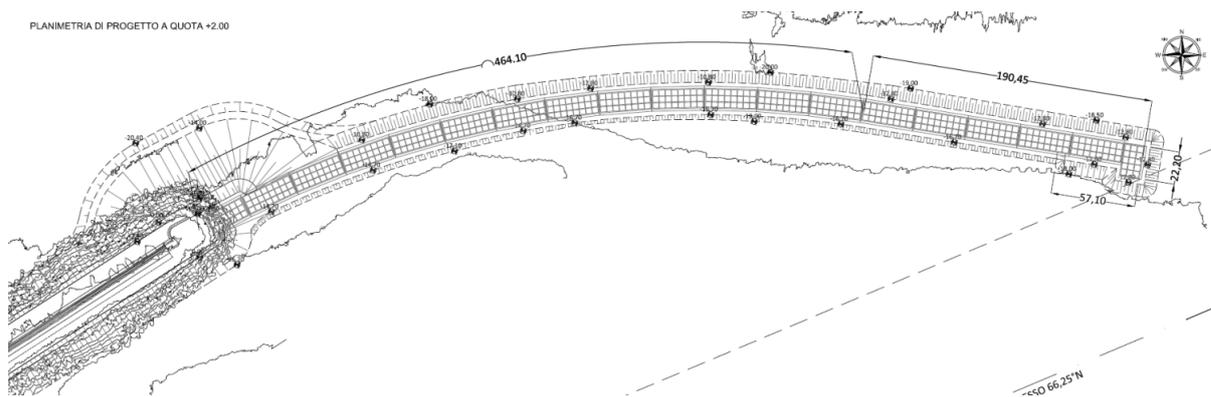


**Figura 4-1: Planimetria di progetto**

### **Prolungamento dell'antemurale di Ponente**

Il prolungamento dell'antemurale di Ponente previsto dall'adeguamento tecnico funzionale (ATF) è radicato all'esterno della diga di Ponente con un ampio raccordo e presenta un andamento curvilineo con uno sviluppo complessivo di 680 m, in modo da delimitare la nuova imboccatura più al largo dell'attuale e proteggere un ampio specchio acqueo avamportuale destinato all'attenuazione del moto ondoso ed alle manovre delle navi.

L'assetto planimetrico della nuova diga frangiflutti, rappresentato nei disegni di progetto, presenta un tratto iniziale curvilineo con asse diretto a est e convessità lato mare di lunghezza pari a 470 m e un successivo tratto rettilineo di lunghezza 190 m orientato a nordest. La porzione dell'opera più esposta al moto ondoso è quella terminale esterna che si presenta con asse pressoché ortogonale alla direzione prevalente delle onde di tempesta provenienti dal settore di traversia principale (Nord – NordEst).



**Figura 4-2: Planimetria prolungamento antemurale Molo di Ponente**

Per quanto riguarda la tipologia strutturale dell'opera la scelta progettuale è ricaduta sulla tipologia a cassoni cellulari.

La debole variabilità e la profondità dei fondali rendono vantaggiosa da numerosi punti di vista la soluzione di diga a parete verticale almeno per il tratto maggiormente esposto agli eventi ondosi.

I vantaggi consistono nel minore costo dell'opera, rispetto a quella equivalente a scogliera, nel minore tempo di esecuzione e nel minore impatto ambientale sia ad opera eseguita (minore impronta della sezione di base) sia durante la costruzione (minore traffico di automezzi per il trasporto di materiale, minore sfruttamento delle cave terrestri, minore intorbimento delle acque). Inoltre l'opera a parete verticale comporta oneri di manutenzione molto ridotti.

Inoltre le pareti dei cassoni sono perforate sia lato mare che lato porto con la formazione di camere interne. La scelta di introdurre celle antiriflettenti anche lato porto costituisce una miglioria di progetto definitivo tesa innanzi tutto a migliorare la navigabilità nel bacino portuale. Una buona capacità antiriflettente ha favorevoli conseguenze sulla sicurezza della navigazione, nonché sulla riduzione delle forze, dei sormonti e dei rischi di erosione al piede. Sono presenti anche aperture sulle pareti divisorie trasversali che incrementano l'efficacia dissipativa delle camere soprattutto per i prevalenti moti ondosi obliqui.

Le caratteristiche geometriche delle celle e le dimensioni e la disposizione dei fori sulle pareti delle celle assorbenti praticamente coincidono con quelle della diga di Ponente del porto industriale di Porto Torres (avente identica onda di progetto) che furono dimensionate sulla base dei risultati di specifiche prove in vasca eseguite presso il laboratorio idraulico CRIS dell'Enel.

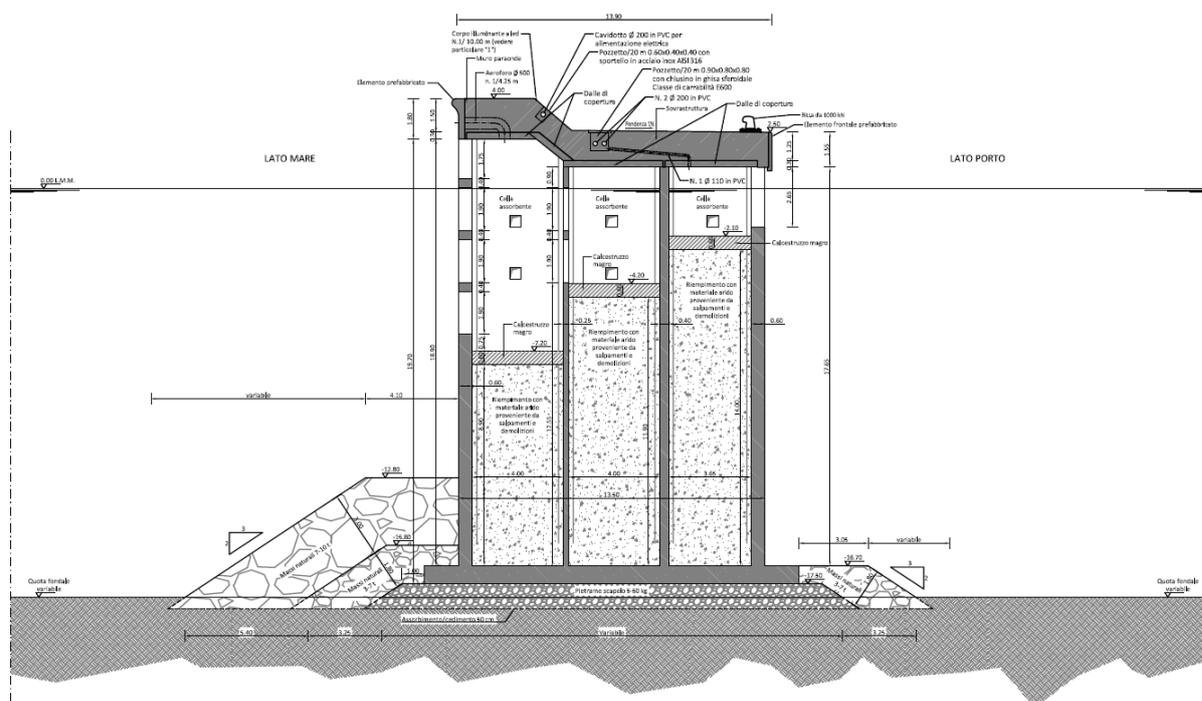
Per evitare l'erosione al piede dei cassoni è prevista la realizzazione di una scogliera in massi naturali con pezzatura 7-10 t, posta a ridosso del lato esterno dello scanno di imbasamento e nel lato interno per una lunghezza pari a 55,7m.

Le scelte progettuali attuali non sono più orientate verso l'adozione di dighe con massicci di coronamento molto sopraelevati rispetto al l.m.m (sia per motivi economici che di impatto visivo), ma si preferisce proporzionare le zone terminali e le sezioni correnti dei moli frangiflutti con elementi a cresta bassa non praticabili e parzialmente

tracimabili, soprattutto se la diga protegge un avamposto e non è destinata all'attracco diretto delle navi.

La diga è realizzata con cassoni aventi altezze differenti che assecondano la variabilità del fondale: a partire dalla radice i primi 7 cassoni hanno quota di imbasamento pari a 15.50m sul l.m.m., i successivi 12 cassoni -17.5m sul l.m.m.. Rispetto al progetto preliminare, che prevedeva una unica quota di imbasamento pari a -14.0 m sul l.m.m., viene introdotta così una modifica migliorativa che consente di minimizzare il volume di scogli di imbasamento, con relativi volumi da approvvigionare, e massimizzare il volume da riutilizzare come riempimento cassoni, proveniente dai salpamenti e dalle demolizioni.

Nel caso specifico si prevede di realizzare una diga a cassoni a 3 file di celle con le prime 2 antiflettenti, con una larghezza del coronamento di 14.10 m, a quota +4.0 m slm per la parte che comprende il muro paraonde e a quota +2.5 m slm per la parte retrostante.



**Figura 4-3: Sezione tipo prolungamento Antemurale Molo di Ponente**

Le dimensioni del cassone sono studiate per resistere al moto ondoso estremo, ma tengono conto indubbiamente di reali possibilità di costruzione e trasporto. Per ciò che concerne la larghezza si conferma quella di preliminare pari a 13.50m; la lunghezza, dovuta essenzialmente ad esigenze costruttive (dimensioni della piattaforma) è stata estesa rispetto alla soluzione di preliminare (pari a 21.80 m). In particolare in considerazione delle diverse quote e forme (in relazione all'esigenza di "accompagnare" la curvatura del molo) sono state introdotte le seguenti tipologie di cassoni:

TIPO CASSONE	QUOTA IMBASAMENTO m sul l.m.m.	LUNGHEZZA base m	LUNGHEZZA Corpo cassone m
1	-17,50	22,80	22,20
2	-17,50	35,55	34,95
2bis	-17,50	35,05 – 36,05*	34,95
2ter	-15,50	35,05 – 36,05*	34,95
3	-15,50	27,35 – 28,35*	26,45

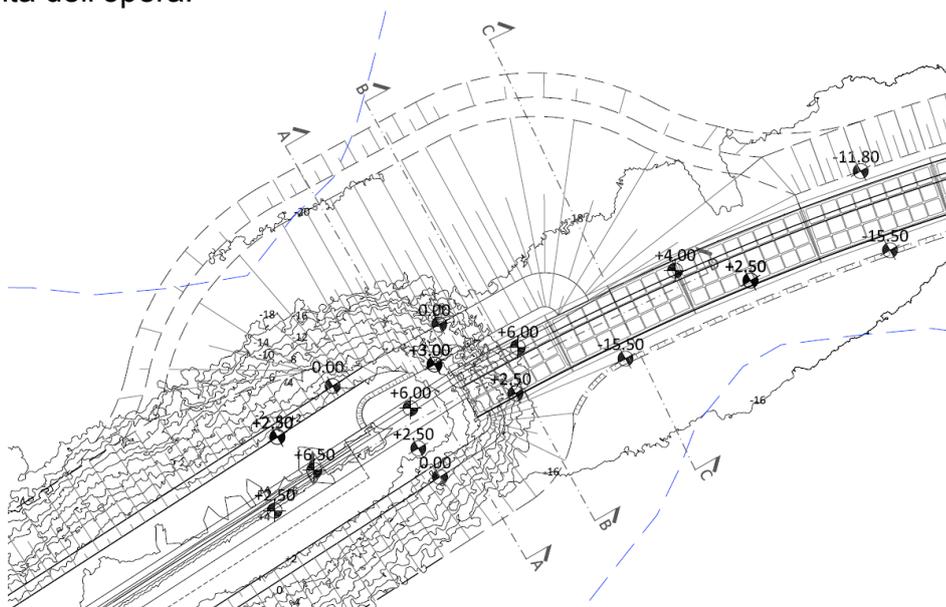
\* la base ha forma trapezoidale ad assecondare la curvatura del molo

La possibilità di aumentare la lunghezza dei cassoni ha fornito numerosi vantaggi in termini di durabilità, ad esempio per la riduzione dei giunti, ed ambientali per riduzione del numero di viaggi necessari al trasporto degli stessi.

Anche lo spessore delle pareti è elemento di miglioramento rispetto al preliminare che prevedeva 0.60 m solo per la parete esterna longitudinale mare, 0.40 m per le altre e 0.25m per le pareti interne. Il progetto definitivo prevede uno spessore di 0.60m per le pareti esterne, 0.25m e 0.40m per le due interne.

Il solettone di base è la parte strutturale maggiormente sollecitata nella fase di esercizio, pertanto lo spessore deve essere adeguato e quindi è stato assunto pari a 0.80 m. Inoltre per distribuire su di una maggiore superficie di terreno le forze esercitate sul cassone è necessario allargare il solettone di base con due sbalzi nella direzione di maggiore sollecitazione; pertanto la larghezza della piastra di fondazione è di 16.50 m.

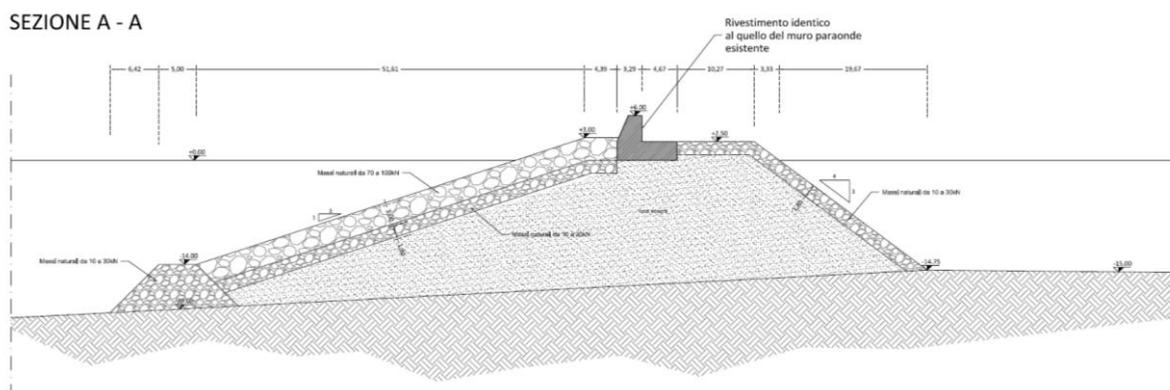
Il nodo di connessione tra il molo esistente ed il prolungamento è completato, già nel progetto preliminare, da una scogliera di radicamento, che nel progetto definitivo è stata estesa allo scopo di migliorare la protezione dagli agenti meteo marini e quindi la durabilità dell'opera.



**Figura 4-4: Scogliera di radicamento**

Lato mare la berma a quota +2,50 m sul l.m.m. copre interamente il primo cassone e scende progressivamente con pendenza 3:1. I massi della mantellata esterna sono da 7 a 10 t, lo strato filtro è costituito di massi da 3 a 10 t, il nucleo è realizzato in tout venant di cava. Al piede dell'opera è presente, introdotta dal progetto definitivo, un'unghia di massi da 3 a 10 t.

Lato interno porto la scogliera, con mantellata esterna di massi da 3 a 10 t, si ricongiunge all'attuale e chiude verso il corpo diga con pendenza 4:3.



**Figura 4-5: Sezione scogliera di radicazione**

La transizione tra il muro paraonde esistente, a quota +6,50m sul l.m.m. ed il muro paraonde sui cassoni, a quota +4 m sul l.m.m., viene gestito attraverso una struttura a quota +6 m sul l.m.m. (come da progetto preliminare) che prosegue per tutta la lunghezza del primo cassone, per poi scendere progressivamente.

Allo scopo di favorire la transizione da un punto di vista paesaggistico il muro è pensato con sagoma analoga all'esistente e ne è previsto un rivestimento in pietra a vista, realizzato con una lastra prefabbricata tralicciata di spessore pari 10cm in c.a. rivestita in pietra locale.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque, nella diga a cassoni è prevista una pendenza del coronamento rivolta verso il porto.

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche degli interventi previsti si rimanda alle tavole di progetto.

### **Resezione Molo di Levante (Banchina Alti Fondali)**

Oltre al prolungamento del Molo di Ponente, come previsto nel P.R.P. vigente e modificato dal recente ATF, al fine di garantire condizioni di agibilità portuale ottimali, è necessario procedere contestualmente con la resecazione della testata del molo di Levante in modo da assicurare un canale di accesso di ampiezza pari a 200m.

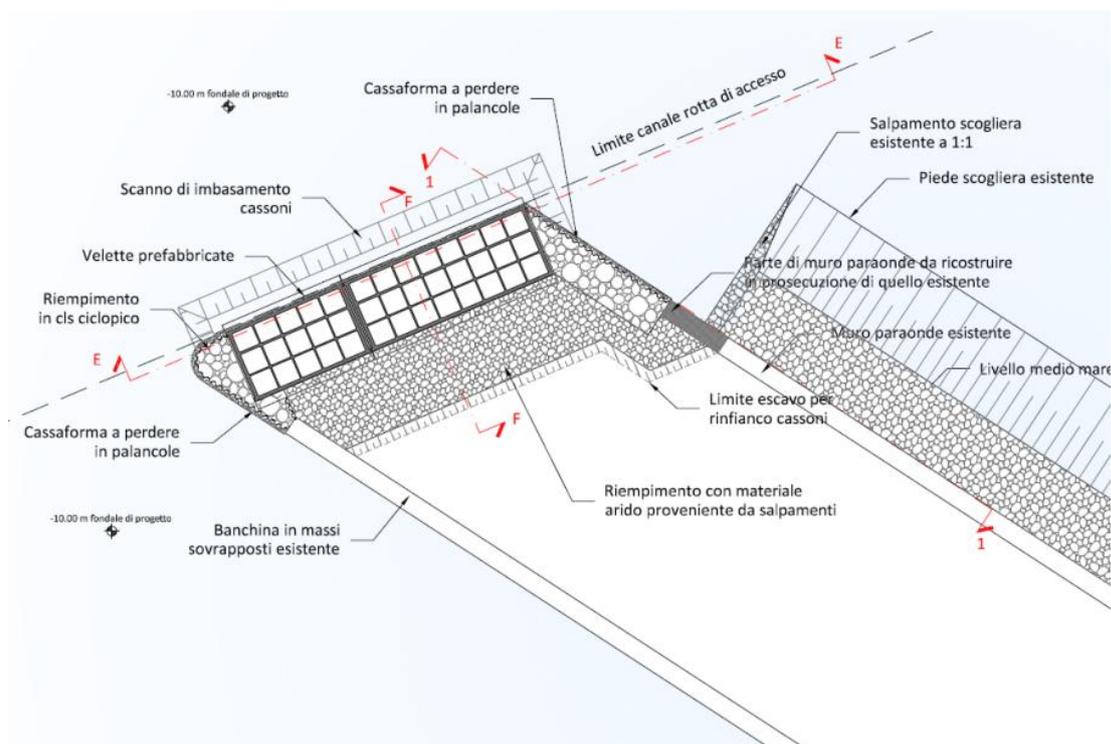
Il progetto definitivo, rispetto a quanto previsto nel progetto preliminare, ha introdotto una soluzione tecnica migliorativa consistente nella posa in opera di due cassoni di larghezza pari a 13,50m e le cui caratteristiche dimensionali sono indicate nella seguente tabella.

TIPO CASSONE	QUOTA IMBASAMENTO m sul l.m.m.	LUNGHEZZA base m	LUNGHEZZA Corpo cassone m
4	-10,80	22,80	22,20
5	-10,80	35,55	34,95

La prima cella dei cassoni lato mare sarà a parete chiusa e riempita di cls armato fino alla quota di -2 m sul l.m.m. a creare un tutt'uno con la sovrastruttura.

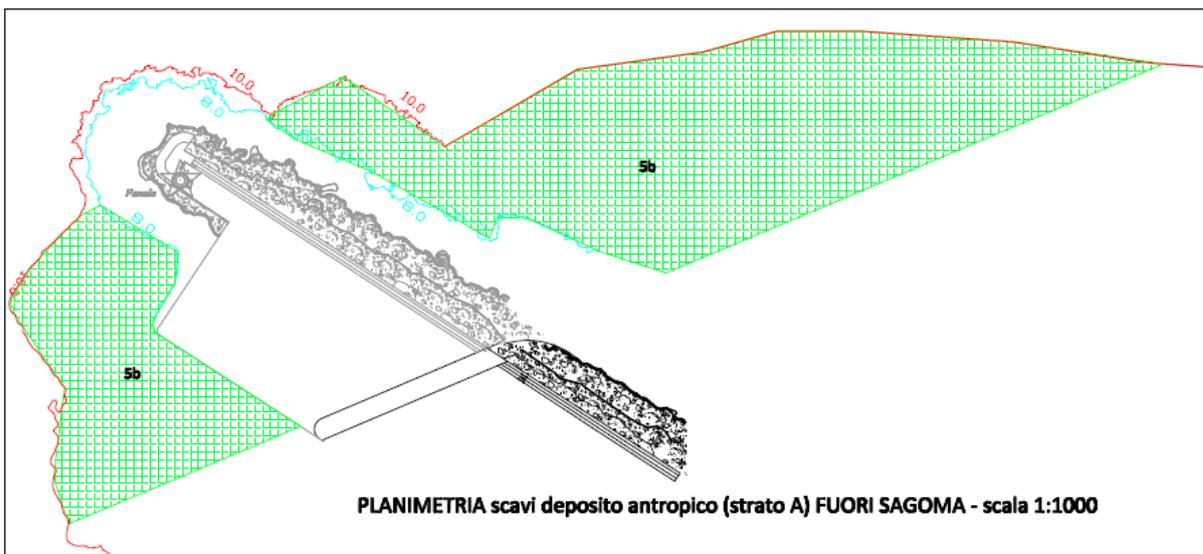
Le soluzioni d'angolo sono costituite da palancole provvisorie, con funzione di casse-  
ro per il getto del calcestruzzo ciclopico. Inoltre, al fine di limitare gli spostamenti in  
testa, si prevede di eseguire un sistema di ancoraggio provvisorio a quota +0.5 m  
slm. Il getto del cls avverrà per tratti successivi di 2 m circa, aspettando la maturazio-  
ne del tratto precedente, a partire da quota fondale fino a quota +1.0 m slm.

Allo scopo di liberare completamente la rotta d'accesso al porto il progetto definitivo  
ha previsto che la scogliera di protezione dell'opera termini prima del limite del canale  
d'accesso chiudendo verso il corpo diga con pendenza 2:1.



**Figura 4-6: Planimetria Resezione Molo di Levante**

Inoltre, al fine di garantire la navigabilità immediata del canale di accesso, il progetto prevede il dragaggio di circa 18.000 m<sup>3</sup>, ossia il raggiungimento della quota -10 m.s.l.m.m. (come indicato nell'elaborato di progetto T23 al quale si rimanda per dettagli) in testa alla banchina Alti Fondali.



Il materiale proveniente dalle attività di escavo (completamente fuori dal confine del SIN “Aree industriali di Porto Torres”!) sarà oggetto di caratterizzazione ambientale secondo quanto disposto dalla normativa vigente e successivamente collocato nei cassoni prefabbricati.

#### 4.3. Alternative di progetto

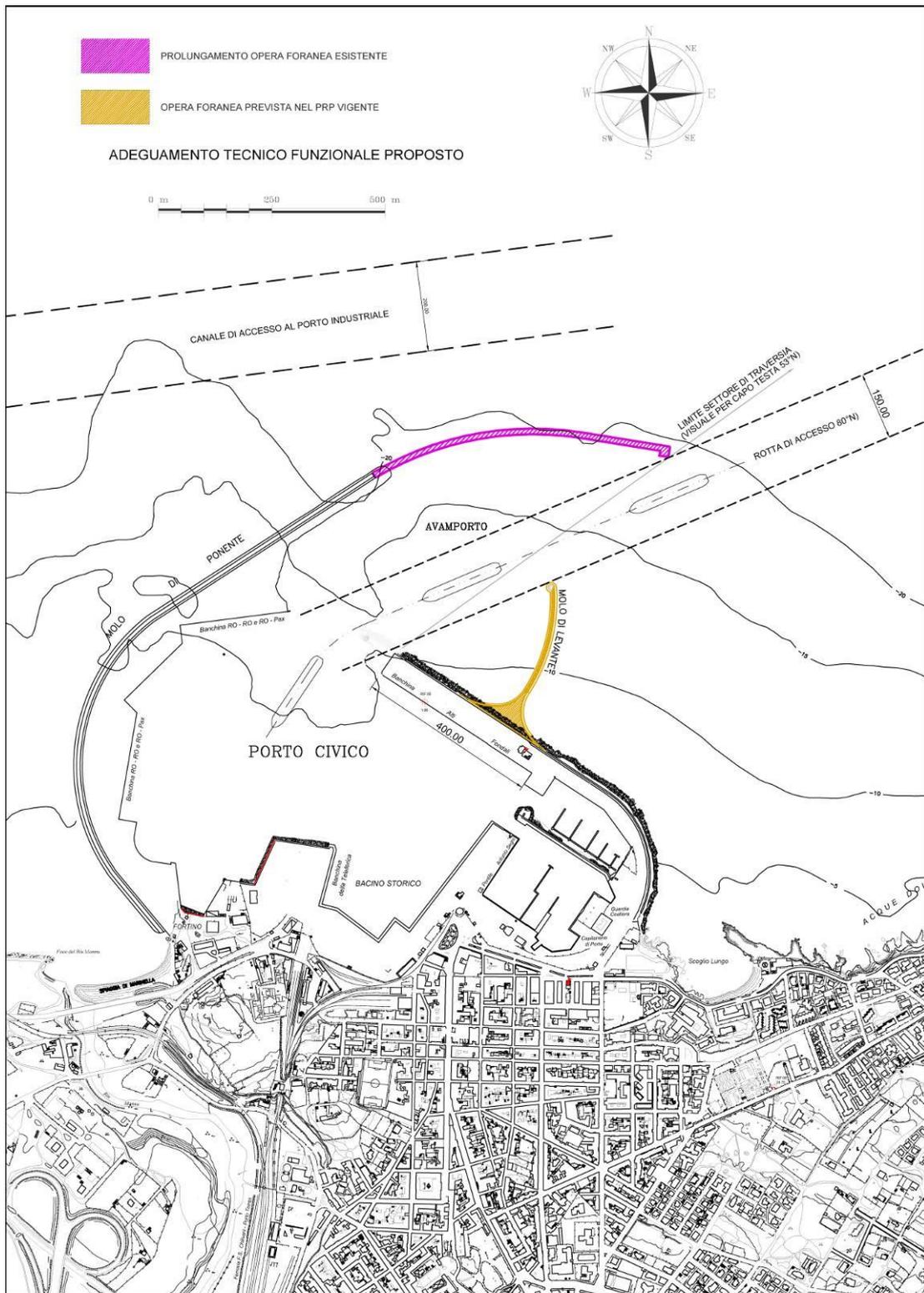
Le soluzioni progettuali alternative sono state già oggetto di accurata scelta nell’ambito della procedura di Adeguamento Tecnico Funzionale del PRP vigente, che ha portato alla redazione del progetto preliminare evoluto poi nel presente progetto definitivo del “Prolungamento dell’Antimurale di Ponente e della Resezione della Banchina Alti Fondali del Porto Civico di Porto Torres”.

Di seguito si riportano le alternative studiate per poter arrivare all’emissione del Pare-  
re favorevole del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n°136 reso nel corso dell’Adunanza del 27 Febbraio 2013.

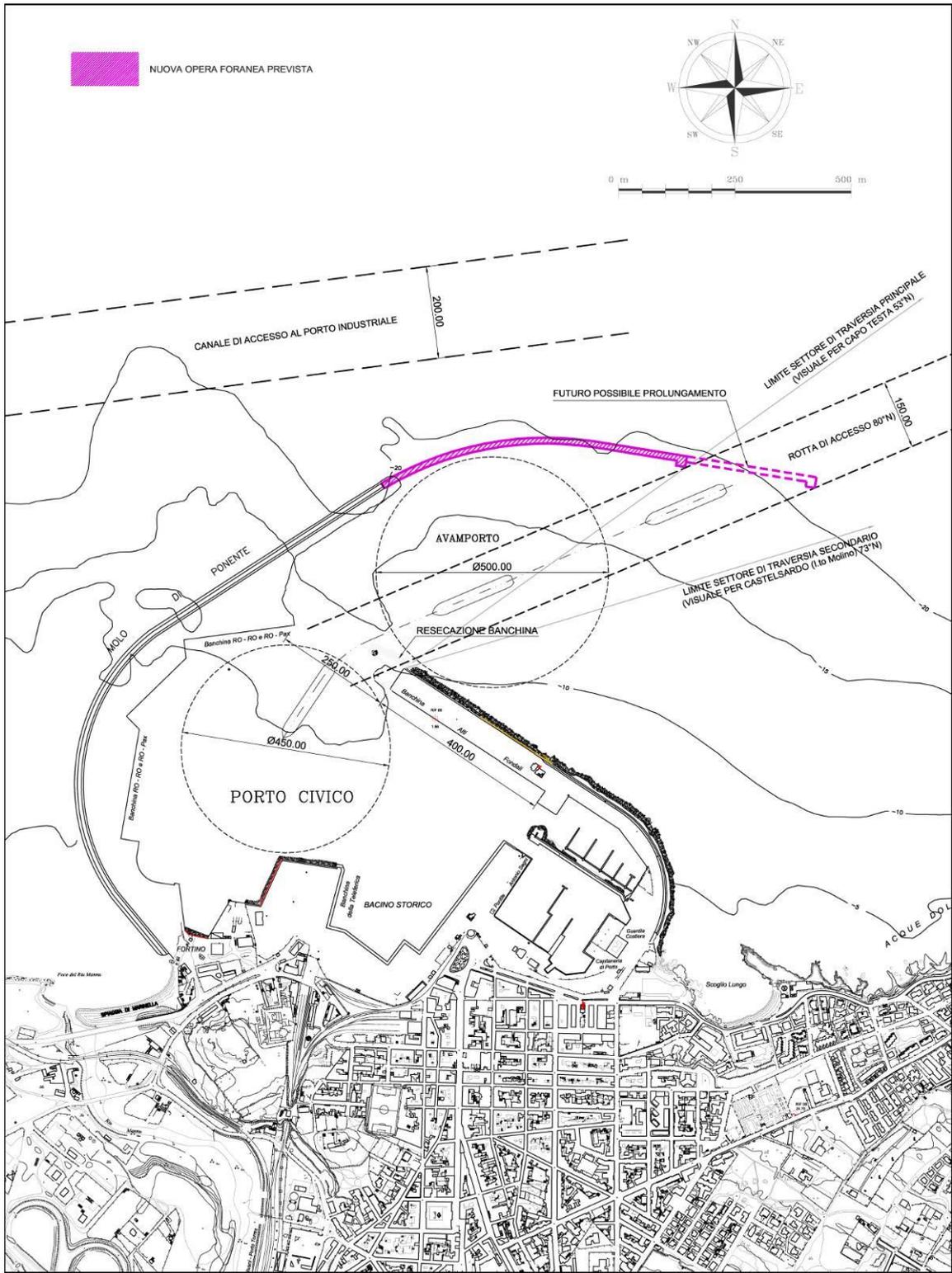
Si fa presente che il progetto definitivo in studio, ricalca esattamente la soluzione “1” nel seguente schema, a meno della realizzazione del nuovo Molo di Levante che sarà oggetto di diverso appalto.

FATTORI DI INCIDENZA		SOLUZIONE			
		1 PRP VIGENTE	2 IMBOCCATURA A LEVANTE	3 DOPPIA IMBOCCATURA	4 IMBOCCATURA A PONENTE
<b>INGRESSO NAVI</b>		AGEVOLE, MA IL CANALE È UN PO' STRETTO PER VENTI FORTI LATERALI	AGEVOLE	AGEVOLE	DIFFICOLTOSO CON VENTI FORTI LATERALI
<b>USCITA NAVI</b>		AGEVOLE, MA IL CANALE È UN PO' STRETTO PER VENTI FORTI LATERALI	AGEVOLE	AGEVOLE	DIFFICOLTOSA CON VENTI FORTI LATERALI
<b>AGITAZIONE ONDOSA NELL'AVAMPORTO</b>		ECESSIVA	RIDOTTA	ELEVATA PER ONDE PROVENIENTI DAL SETTORE MAESTRALE-TRAMONTANA	ELEVATA
<b>AGITAZIONE ONDOSA NEL PORTO INTERNO</b>		ECESSIVA	RIDOTTA	RIDOTTA	RIDOTTA
<b>RISCHIO DI INTERFERENZA DELLE ROTTE PER IL PORTO INDUSTRIALE E QUELLO CIVICO</b>		RISCHIO ABBASTANZA GRAVE	ASSENZA DI RISCHIO	ASSENZA DI RISCHIO, SE NON SI UTILIZZA L'IMBOCCATURA DI PONENTE	RISCHIO GRAVE
<b>RIPERCUSSIONI SULLA COSTA A EST INGRESSO TORBIDE FLUVIALI</b>		PROBLEMI NON ECESSIVI	PROBLEMI MINIMI	PROBLEMI MINIMI	PROBLEMI MAGGIORI CHE NELLE ALTRE SOLUZIONI
<b>COSTO milioni di EUR</b>	<b>1<sup>a</sup> fase</b>	32,0	34,7	40,8	28,1
	<b>2<sup>a</sup> fase</b>		15,4	19,6	42,0 ÷ 50,2

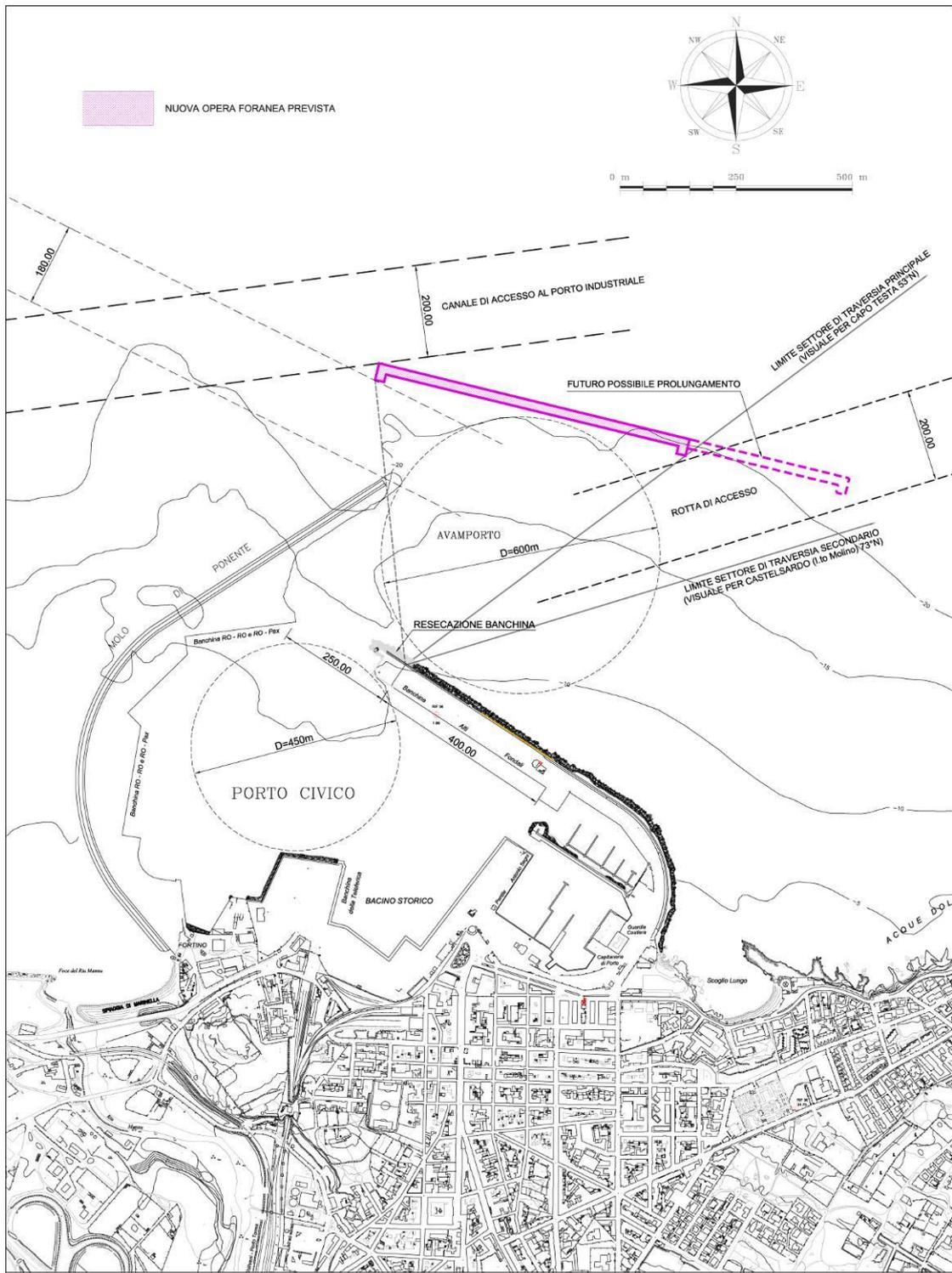
**Tabella 4-1: confronto fra alternative**



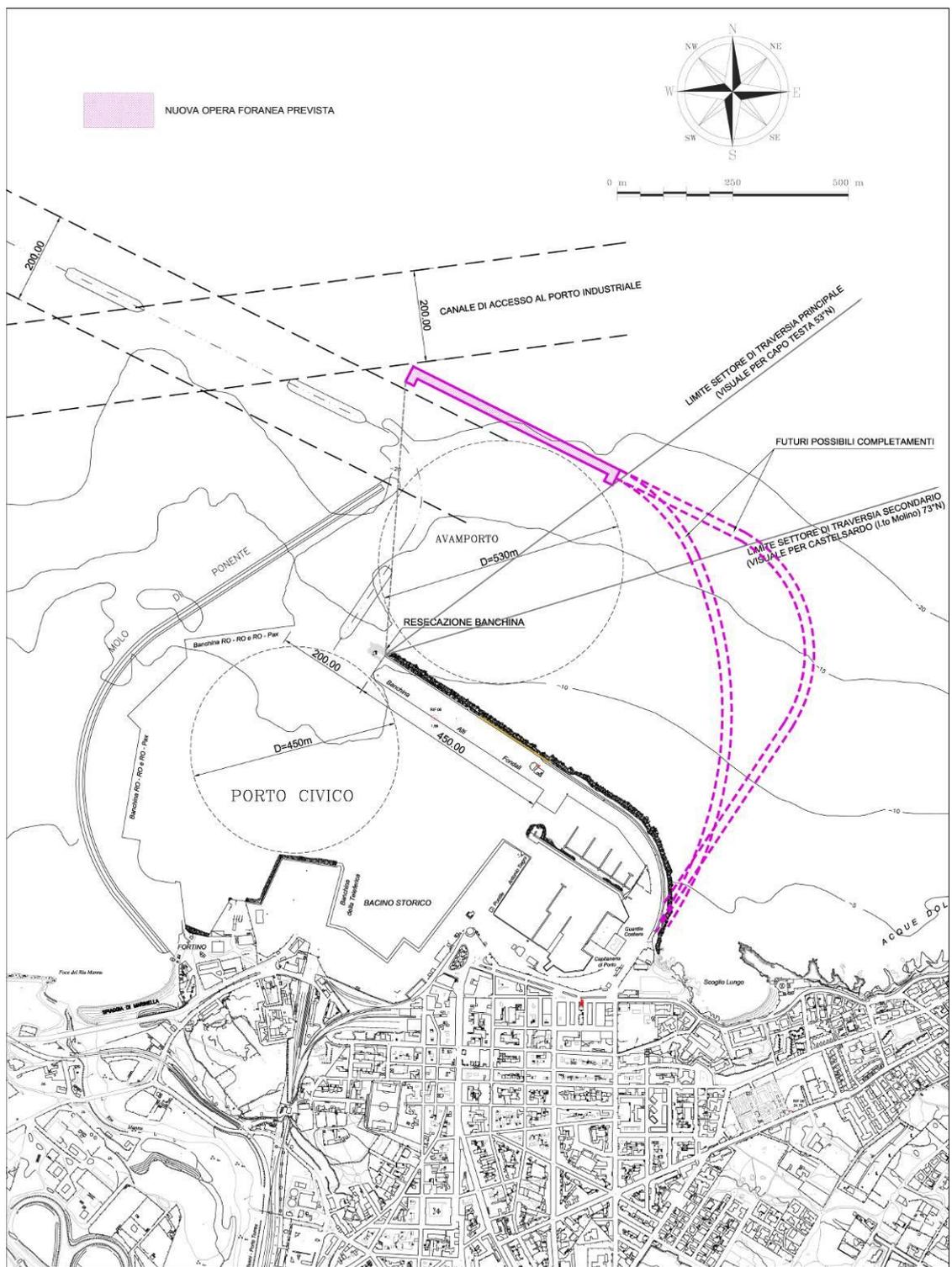
**Figura 4-7: soluzione 1**



**Figura 4-8: soluzione 2**



**Figura 4-9: soluzione 3**



**Figura 4-10: soluzione 4**

## 5. CANTIERIZZAZIONE

### 5.1. Attività del cantiere

La proposta di cantierizzazione è volta alla minimizzazione dell'interferenza delle lavorazioni con l'operatività portuale.

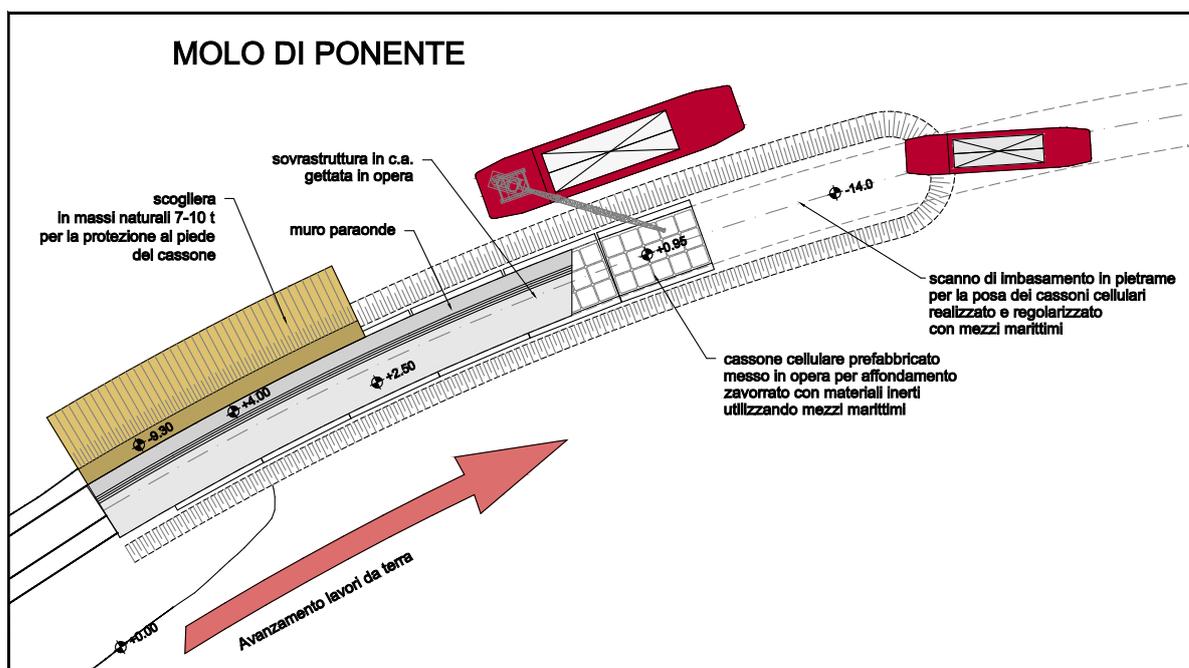
Il crono-programma dei lavori per la realizzazione dell'intervento in oggetto è stato studiato dai progettisti su un periodo di cantiere di 24 mesi e 1 settimana, strutturato su *step* temporali successivi che prevede contemporaneamente la costruzione dell'antimurale di Ponente e la resecazione del Molo di Levante.

#### Prolungamento dell'Antemurale di Ponente

Il prolungamento del Molo di Ponente del porto civico di Porto Torres verrà realizzato con cassoni cellulari in calcestruzzo armato, prefabbricati in un bacino galleggiante e successivamente trasportati in opera in galleggiamento, posati per affondamento su di un piano di posa in pietrame (scanno di imbasamento) precedentemente realizzato ed infine zavorrati con materiali inerti. L'opera viene completata con la formazione della sovrastruttura dei cassoni in c.a. gettata in opera e dalla posa in opera dei massi naturali per la protezione del piede esterno ed interno della diga.

Il prolungamento del molo consta di un tratto curvilineo di lunghezza pari a 470 m e di un successivo tratto rettilineo di lunghezza 190 m per uno sviluppo complessivo di 660 m. Nell'insieme verranno posti in opera 19 cassoni di fusto 35.55 m x 13.5 m.

La realizzazione del prolungamento del molo avverrà per avanzamento progressivo partendo dal punto di radicamento sulla testata del molo esistente. Le diverse fasi di lavoro verranno eseguite con l'ausilio di mezzi marittimi e terrestri e sono di seguito illustrate.



### Formazione e regolarizzazione dello scanno di imbasamento

La formazione dello scanno di imbasamento dei cassoni, costituito da pietrame, avverrà via mare con l'ausilio di motobette a fondo apribile e gru/pontoni. Il materiale verrà posto in opera a gettata e successivamente verrà regolarizzato con idonei mezzi marittimi ed anche con l'ausilio del palombaro.

I materiali lapidei saranno trasportati dalle cave fino alla banchina foranea del porto industriale e qui caricati su mezzi marittimi.

### Prefabbricazione, trasporto e posa in opera dei cassoni cellulari

I cassoni cellulari, costituiti da 3 file di 7 celle, di fusto di dimensioni 35.55 m x 13.5 m x H variabile da 15.65m a 17.65m e soletta di dimensioni 35.55 m x 16.5 m x 0.8 m, verranno prefabbricati in c.a utilizzando un bacino di prefabbricazione galleggiante

Il bacino di prefabbricazione sarà posizionato presso il porto industriale del porto di Porto Torres così come specificato nel PD e precisamente presso la Darsena Servizi anziché sulla diga Foranea, in questo modo si potranno ridurre ulteriormente le interferenze sia a terra che a mare

Qualora, per qualsiasi motivo si dovesse rendere necessario optare per una diversa area di prefabbricazione il trasporto sarà comunque garantito via mare.

La prefabbricazione prevede un'area di cantiere per la predisposizione di una centrale di betonaggio e per lo stoccaggio dei ferri di armatura e degli inerti per il confezionamento dei calcestruzzi.

Dopo il getto del solettone di base sulla piattaforma del bacino il fusto del cassone cellulare viene realizzato in elevazione con getti successivi utilizzando casseri rampanti. I cassoni, man mano che si procede alla realizzazione dei getti di calcestruzzo, cominceranno ad affondare insieme al bacino e infine saranno varati e completati in galleggiamento.

Per la realizzazione di un singolo cassone è stato stimato un quantitativo di calcestruzzo pari a circa 2300 m<sup>3</sup>.

I cassoni previsti da progetto in fase di galleggiamento hanno un pescaggio, a seconda della tipologia, da circa 10.0 m a 12.0m pertanto compatibili con i fondali presenti nella diga foranea del porto industriale. I cassoni, una volta rimorchiati in corrispondenza dello scanno di imbasamento, verranno prima zavorrati in acqua per la posa sul fondo e poi successivamente riempiti con materiale inerte proveniente dai salpamenti del Molo di Levante utilizzando mezzi marittimi (gru/pontone). Ogni cassone verrà riempito con circa 3.860 m<sup>3</sup> di zavorra solida.

### Formazione della sovrastruttura del cassone

Una volta messo in opera e zavorrato il cassone cellulare è possibile iniziare le operazioni di terra per la predisporre dei ferri di armatura e, successivamente, eseguire il getto di calcestruzzo per la realizzazione della sovrastruttura.

Il calcestruzzo necessario alla formazione della sovrastruttura sarà approvvigionato dalle centrali di betonaggio della zona.

Il volume di calcestruzzo per la realizzazione della sovrastruttura di un cassone ammonta a circa 700 m<sup>3</sup>, mentre i ferri di armatura ammontano a circa 53900 kg (65 kg/m<sup>3</sup>).

Complessivamente per la formazione della sovrastruttura dei cassoni del Molo di Ponente sono richiesti 14880 m<sup>3</sup> di calcestruzzo per i quali sono richiesti all'incirca 25300 t di inerti (ghiaia e sabbia), 5950 t di cemento e 2975 m<sup>3</sup> di acqua.

#### Posa in opera della scogliera di protezione al piede dei cassoni

L'intervento viene ultimato con la posa in opera di una scogliera sommersa in massi naturali posta a protezione del piede sia interno che esterno del cassone. La scogliera è formata da una mantellata in massi naturali di peso compreso tra 7 e 10 tonnellate ed uno strato interno in massi naturali di peso 3 – 7 tonnellate.

Complessivamente per la realizzazione della scogliera sommersa sono necessarie 90500 t di massi di cui 60500 t di categoria 7-10 t e 30000 t di categoria 3-7 t.

I massi verranno approvvigionati in parte via terra dalle cave della zona e caricati nel punto di carico precedentemente descritto in corrispondenza della banchina alti fondali e per l'altra parte via mare riutilizzando gli scogli provenienti dai salpamenti. I materiali saranno posti in opera via mare con la gru/pontone.

Sulla base delle forniture necessarie per la realizzazione dell'intervento è stato possibile stimare in prima approssimazione il numero di mezzi necessari per la fornitura e la posa in opera delle materie prime e degli elementi prefabbricati a piè d'opera.

Nella scheda riportata nella pagina successiva è presentata la stima delle forniture e dei mezzi necessari per il prolungamento de Molo di Ponente del porto civico di Porto Torres.

La stima dei mezzi gommati necessari per le forniture dei materiali lapidei, dei cementi e dei ferri di armatura è stata effettuata ipotizzando l'utilizzo di autocarri con capacità di carico pari a 12 m<sup>3</sup> di volume e 30 t di peso.

La stima del numero di mezzi marittimi per il trasporto e la posa in opera dei materiali lapidei (per la formazione dello scanno di imbasamento, lo zavorramento dei cassoni e la messa in opera della protezione al piede del cassone) è stata effettuata ipotizzando l'utilizzo di motobette di capacità compresa tra 200 m<sup>3</sup> e 1600mc e gru/pontoni di capacità di carico pari a 200 m<sup>3</sup> di volume.

<b>Prolungamento Molo di Ponente</b>			
Riepilogo forniture e numero di mezzi necessari per la realizzazione dell'intervento			
	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>	<b>mezzi</b>
<b>Formazione scanno di imbasamento in pietrame</b>			
Fornitura di pietrame in scapoli 5 / 50 kg)	m <sup>3</sup>	27289	
Pietrisco calcareo 30/100 mm per livellamento (spessore 15-20 cm)	m <sup>3</sup>	2463	
Totale	m <sup>3</sup>	29752	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 12 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>2479</b>
<b>Numero complessivo di viaggi con motobette da 1600 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>19</b>
<b>Prefabbricazione cassoni cellulari</b>			
		19	
Calcestruzzo confezionato a piè d'opera	m <sup>3</sup>	43632	
inerti (sabbia, ghiaio, ghiaia)	t	74174	
cemento	t	17453	
ferro di armatura (~90 kg/m <sup>3</sup> )	t	3054	
acqua	m <sup>3</sup>	8726	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 30 ton di capacità</b>			<b>3447</b>
<b>Zavorramento dei cassoni con materiale inerte</b>			
Fornitura di tout venant di cava		0	
(il riempimento delle celle dei cassoni avverrà tramite materiali provenienti dai salpamenti, dalle demolizioni e dai dragaggi e eseguiti nell'ambito di cantiere)	m <sup>3</sup>	73389	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 12 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>0</b>
<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 200 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>366</b>
<b>Formazione "tappi" al riempimento celle in cls magro</b>			
Calcestruzzo confezionato a piè d'opera	m <sup>3</sup>	9555	
<b>Formazione della sovrastruttura dei cassoni</b>			
Calcestruzzo confezionato a piè d'opera	m <sup>3</sup>	14880	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 10mc di capacità</b>			<b>2444</b>
<b>Posa in opera scogliera di protezione al piede dei cassoni</b>			
Fornitura di massi naturali di peso 7-10 t	t	60543	
Fornitura di massi naturali di peso 3-7 t	t	261	
Totale	t	60804	
Fornitura di massi naturali da salpamento di peso 3-7 t	t	29700	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 30 ton di capacità</b>			<b>2027</b>
<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 1600 ton di capacità</b>			<b>38</b>

<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 400 ton di capacità</b>	<b>75</b>
---	-----------

\* nota: il progetto prevede l'escavo di circa 18.000 m<sup>3</sup>; i materiali provenienti dal suddetto dragaggio potranno essere utilizzati, previa caratterizzazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente, per il riempimento dei cassoni.

<b>Formazione scogliera di radicamento</b>			
Riepilogo forniture e numero di mezzi necessari per la realizzazione dell'intervento			
	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>	<b>mezzi</b>
Fornitura di massi naturali di peso 7-10 t	†	38480	
Fornitura di massi naturali di peso 1-3 t	†	312	
	Totale	34792	
5.1.1.1.1. Fornitura di massi naturali da salpamenti di peso 1-3 t	†	49794	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 30 ton di capacità</b>			<b>1160</b>
<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 1600 ton di capacità</b>			<b>22</b>
<b>Numero di motobette da 400 ton di capacità</b>			<b>125</b>
<b>Formazione nucleo</b>			
Fornitura di tout venant di cava	m <sup>3</sup>	127	
Fornitura di tout venant da salpamenti	m <sup>3</sup>	29853	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con mezzi da 12 mc di capacità</b>			<b>11</b>
<b>Numero di motobette da 200 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>150</b>

**Tabella 5-1: riepilogo forniture e mezzi necessari per la realizzazione dell'Antimurale di Ponente**

### **Resezione Molo di Levante**

Le operazioni di resecazione cominceranno con un primo salpamento della scogliera di testata del Molo di Levante e una progressiva riduzione della scogliera in modo da rendere disponibili scogli per la formazione delle nuove opere del Molo di Ponente. Tale attività sarà svolta mediante l'utilizzo di motobette.

Le operazioni di resecazione della banchina del Molo di Levante continueranno con il salpamento dei massi prefabbricati di banchina, i quali saranno ridotti di dimensione e successivamente salpati mediante escavatore idraulico dotato di braccio lungo e martello demolitore. Le operazioni consisteranno poi nella ulteriore riduzione degli elementi salpati con frantumazione a terra attraverso l'utilizzo di escavatori dotati di pinze frantumatrici in modo da rendere il materiale di granulometria adeguata a poter essere utilizzato per i riempimenti delle celle dei cassoni. I materiali costituenti il nucleo saranno salpati mediante escavatore montato su piattaforma galleggiante dotata

di pali stabilizzatori. L'escavatore salperà i materiali del nucleo e caricherà la motobetta che provvederà a trasportare il materiale nei pressi dei cassoni del Molo di Ponente e ne riempirà le celle. Il materiale prodotto dalla demolizione e dai salpamenti del nucleo e della scogliera del Molo di Levante sarà completamente recuperato per essere riutilizzato. Per la realizzazione della testata del Molo di Levante è prevista la formazione della struttura con due cassoni in calcestruzzo previa realizzazione di imbasamento e spianamento con le stesse tecniche e metodologie previste nei paragrafi precedenti.

A seguire saranno realizzati i getti di completamento e le relative sovrastrutture analogamente a quanto specificato per il Molo di Ponente.

Nella scheda riportata nella pagina successiva è presentata la stima delle forniture e dei mezzi necessari per gli interventi previsti lungo la Banchina Alti Fondali.

<b>Resecuzione Molo di Levante</b>			
Riepilogo forniture e numero di mezzi necessari per la realizzazione dell'intervento			
	<b>u.m.</b>	<b>quantità</b>	<b>mezzi</b>
<b>Riempimento celle con cls magro</b>			
Calcestruzzo preconfezionato	m <sup>3</sup>	809	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 10 mc di capacità</b>			<b>81</b>
<b>Prefabbricazione cassoni cellulare</b>			
Calcestruzzo confezionato a piè d'opera	m <sup>3</sup>	2537	
inerti (sabbia, ghiaio, ghiaia)	t	4313	
cemento	t	1015	
ferro di armatura (~90 kg/m <sup>3</sup> )	t	177.5	
acqua	m <sup>3</sup>	507	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 10mc di capacità</b>			<b>200</b>
<b>Zavorramento dei cassoni con materiale inerte</b>			
Fornitura di tout venant di cava		329	
(il riempimento delle celle dei cassoni avverrà tramite materiali provenienti Dai salpamenti e dalle demolizioni eseguiti nell'ambito di cantiere)	m <sup>3</sup>	12077	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 12 mc di capacità</b>			<b>27</b>
<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 200 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>2</b>
<b>Formazione della sovrastruttura dei cassoni e della scogliera di radicamento</b>			
Calcestruzzo confezionato a piè d'opera	m <sup>3</sup>	3159	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 10 mc di capacità</b>			<b>316</b>
<b>Posa in opera imbasamento cassoni</b>			
Fornitura di pietrame 5-50kg	m <sup>3</sup>	1396	
Pietrisco calcareo 30/100 mm per livellamento (spessore 15-20 cm)	m <sup>3</sup>	305	
totale	m <sup>3</sup>	1701	
<b>Numero complessivo di viaggi su gomma con betoniere da 12mc di capacità</b>			<b>142</b>
<b>Numero complessivo di viaggi di gru/pontone da 200 m<sup>3</sup> di capacità</b>			<b>9</b>

**Tabella 5-2: riepilogo forniture e mezzi necessari per la resecazione del Molo di Levante**

## 5.2. Approvvigionamento e smaltimento materiali

Per la realizzazione degli interventi in progetto si prevedono significative demolizioni e salpamenti della Banchina Alti Fondali i cui materiali potranno essere interamente riutilizzati all'interno del progetto; non si attendono pertanto volumi di materiale da smaltire.

Inoltre, i volumi provenienti dalle attività di dragaggio (non oltre 18.000 m<sup>3</sup>) previste nell'intorno della Banchina Alti Fondali (fuori e dentro porto), saranno oggetto di successiva caratterizzazione e ri-utilizzati per il riempimento dei cassoni.

Per la realizzazione del progetto in studio si prevede l'impiego del seguente materiale lapideo proveniente da cave, in varie pezzature in dipendenza dell'impiego, come di seguito specificato:

	Tipologia	Dimensioni	Quantità necessarie per la realizzazione dell' opera (t)	Quantità di materiale provenienti da attività di demolizioni, salpamenti e riutilizzabili nel progetto (t)	Quantità di materiale da approvvigionare presso cave di prestito autorizzate (t)
Materiali lapidei	Tout venant		231550	230638	912
	Pietrisco calcareo	Pezzatura 30/100 mm	5536	0	5536
	Pietrame	5 – 50 Kg	57370	0	57370
	Massi naturali	1000 – 3000 Kg	50106	49794	312
	Massi naturali	3001 – 7.000 Kg	29961	29700	261
	Massi naturali	7001 – 10.000 Kg	99023	0	99.023
Congl. cementizi	Inerti: ghiaia e sabbia		78487	0	78487
	<b>Tot</b>		<b>552.033</b>	<b>310.132</b>	<b>241.901</b>
	Cemento		18468	0	18468
	Acqua		9234	0	9234
	Ferro d'armatura		4335	0	4335
	Calcestruzzo preconfezionato		63466	0	63466

**Tabella 5-3: bilancio materiali da costruzione**

Gli impatti collegati alla apertura di nuove cave sul territorio ed allo smaltimento dei materiali di risulta degli scavi e delle demolizioni, costituiscono generalmente una delle più importanti voci nel quadro generale di tutti gli impatti.

Considerata le modalità operative previste dal progetto, come visto, non si prevedono volumi di materiale di risulta da allocare presso siti idonei. Inoltre, la soluzione proposta permette di raggiungere gli obiettivi del D.Lgs 8 maggio 2003, n. 203 secondo cui il fabbisogno annuale di manufatti e beni nelle amministrazioni pubblica debba essere coperto con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo.

Nel caso in esame si stima che circa il 60% del fabbisogno totale è coperto dal recupero di materiali provenienti dalle lavorazioni.

Per l'approvvigionamento dei quantitativi di materiali sopra riportati non si prevede l'apertura di nuove cave, ma il ricorso a cave esistenti ed autorizzate.

I materiali per la realizzazione delle opere in progetto, saranno prevedibilmente approvvigionati presso cave attive autorizzata (ai sensi L.R. 30/89) e presenti nell'arco di pochi chilometri dal sito di progetto:

- La Corte;
- M. Alvaro;
- M. Rose;
- M. Nurra;
- Abba Mejga.
- Ossi

## 6. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

### 6.1. Premessa

Il progetto in esame, nell'ambito di gara, ha studiato soluzioni migliorative rispetto al progetto preliminare, finalizzate anche a ridurre gli impatti a carico dell'ambiente.

Nel presente studio, gli impatti sono ovviamente stimati al "netto" delle mitigazioni previste dal progetto. Nelle matrici riassuntive riportate di seguito, sono esplicitamente riportati gli interventi di mitigazione già previsti dal progetto.

### 6.2. Metodologia utilizzata

La valutazione degli impatti esercitati dal proposto intervento è stata condotta mediante l'utilizzo di schemi matriciali attraverso i quali si sono considerati sia gli impatti esercitati sull'ambiente in fase di realizzazione dell'intervento, sia gli impatti esercitati dall'opera durante l'esercizio.

Nelle schede che seguono si procede alla enucleazione, dal complesso delle conoscenze acquisite durante lo studio d'impatto ambientale e dall'analisi degli studi specialistici, degli impatti esercitati in fase di costruzione e di esercizio della darsena in oggetto.

Tale operazione è condotta con finalità riepilogative, mediante l'utilizzo di quadri schematici, di quanto è riportato nel Quadro di Riferimento Ambientale.

I quadri schematici sono riferiti, distintamente, ad ognuno dei fattori ambientali considerati dal D. Lgs 4/2008, sia in fase di costruzione che di esercizio.

La compilazione di detti quadri verrà omessa qualora non si registrino, dipendentemente dalla scala dello studio, significativi impatti.

Ad illustrazione dei quadri schematici valgono le seguenti note sui criteri di redazione degli stessi:

In ogni quadro sono richiamati nella colonna di sinistra i principali impatti identificati a carico della componente in esame.

Per ogni impatto, nelle restanti colonne, sono espressi, mediante parametri, alcuni giudizi relativi a:

- segno dell'impatto
- natura dell'impatto
- sua mitigabilità
- livello di mitigazione previsto in progetto.

Laddove è risultato necessario, sono state inserite delle note a chiarimento delle valutazioni parametriche espresse.

Nel prosieguo sono illustrati i significati dei simboli parametrici adottati:

#### SEGNO

- +C = impatto positivo per la componente. Le alterazioni determinano risultati favorevoli alla componente.

- +U = impatto positivo per il consorzio umano. Le alterazioni determinate risultano favorevoli al consorzio umano.
- -C = impatto negativo per la componente. Le alterazioni determinate non producono effetti favorevoli o producono effetti sfavorevoli.
- -U = impatto negativo per il consorzio umano.

### NATURA

- Strategico = l'impatto è importante per gli equilibri generali della componente
- Rilevante = l'impatto ha un'influenza percepibile sugli equilibri della componente. Detta influenza non determina peraltro significative interferenze con l'evoluzione a lungo termine o ad ampia scala della componente
- Locale = L'impatto si esaurisce in ambiti territoriali molto circoscritti, anche con caratteri di permanenza
- Trascurabile = gli impatti sono molto circoscritti e non gravi

### MITIGABILITA'

- Non mitigabile = non mitigabile con le tecnologie attualmente disponibili
- Difficilmente mitigabile = mitigabile mediante misure mitigatrici di difficoltosa attuazione, alto contenuto tecnologico od elevato costo
- Parzialmente mitigabile = mitigabile mediante misure mitigatrici
- Mitigabile = mitigabile mediante misure mitigatrici
- Facilmente mitigabile = mitigabile mediante misure mitigatrici facilmente attuabili e di basso costo

### LIVELLO DI MITIGAZIONE<sup>1</sup>

- Integrale = le misure previste annullano completamente gli impatti
- Completo = le misure di mitigazione previste costituiscono il massimo di quanto ragionevolmente attuabile negli ambiti tecnologici e finanziari dell'intervento
- Completabile = sono state previste le misure essenziali di mitigazione nei confronti degli aspetti d'impatto più significativi.

## **6.3. Matrici d'impatto**

### **6.3.1. Schede riassuntive degli impatti in fase di cantiere**

#### Aria e clima

---

<sup>1</sup> Descrive la completezza degli interventi di mitigazione previsti in progetto rispetto al migliore possibile intervento attuabile con le tecnologie disponibili e senza limitazioni di costo

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Dispersione delle polveri	-C -U	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO
Emissioni mezzi d'opera (*)	-C -U	T	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO

(\*) Il controllo delle emissioni dei motori dei mezzi d'opera è assicurato dai dispositivi previsti dalla legge

Le soluzioni tecniche migliorative previste dal progetto sono di seguito elencate.

- mezzi moderni ed efficienti a ridotte emissioni. I mezzi che vengono proposti sono tutti di recente costruzione e quindi conformi alle recenti normative antinquinamento. I mezzi di maggior peso nella compagine di cantiere sono le motobette autopropulse, gli escavatori ed i mezzi per il trasporto dei bilici;

Di seguito riportiamo una breve scheda con riportate le specifiche certificazioni dei mezzi nei confronti delle norme antinquinamento.

Mezzo	Norma Antinquinamento	Anno di Costruzione
Motonave Splitbarge Massimo	MEC 178 (58)	<b>2010</b>
Motonave Fabio Duò	MEC 178 (58)	<b>2012</b>
Escavatore Liebherr 984	97/68/EC	<b>2003</b>
Escavatore Hitachi 470	97/68/EC - FASE 3	<b>2013</b>
Motrice Mercedes Benz Actross	EURO 5	<b>2013</b>

- l'ottimizzazione e la riduzione del numero di viaggi per il trasporto di materiali. A tal riguardo la scelta di aumentare l'altezza dei cassoni al fine di aumentare i volumi per il riutilizzo dei materiali consente di ridurre le quantità di materiali da approvvigionare da cava, tale miglioria porta ad una sostanziale riduzione dei viaggi e quindi delle emissioni inquinanti;
- realizzare cassoni di grandi dimensioni con relativa riduzione del numero di viaggi connessi al trasporto dei cassoni;
- Realizzazione dei cassoni nel porto più vicino. I cassoni verranno infatti costruiti mediante il bacino galleggiante "ALESSANDRO" di proprietà della scrivente SALES S.p.A, posizionato in prossimità del molo di ponente del porto industriale di Porto Torres. Il bilancio energetico globale ne trae indubbio vantaggio in quanto i mezzi marittimi preposti al trasporto ed al varo dei cassoni dovranno percorrere un tratto di mare irrisorio in rapporto ad un qualsiasi eventuale trasporto dal continente;
- Cantiere di impianto di prefabbricazione dei cassoni dotato di impianto per la produzione di calcestruzzi con conseguente eliminazione dei trasporti dei calcestruzzi tramite autobetoniere;
- Si prevede la pavimentazione in conglomerato bituminoso del tratto di strada (oggi costituita da una semplice pista in terra) che va dal cantiere base alla testa del Molo di Ponente con la realizzazione di una base in conglomerato bituminoso prima dell'inizio delle lavorazioni e poi con la realizzazione del binder alla fine dei lavori a ripristino della viabilità. Il primo intervento consente di limitare fortemente la produzione e il diffondersi di polveri. Il secondo (la realizzazione del binder) consente di lasciare all'amministrazione una buona viabilità per raggiungere il prolungamento del Molo di Ponente;
- umidificazione periodica dei cumuli di materiale inerte e delle piste di cantiere in modo da ridurre il diffondersi delle polveri;

- la copertura degli scarrabili in modo da ridurre la dispersione delle polveri lungo il percorso dei mezzi al fuori del cantiere;
- Installazione di due impianti per il lavaggio delle ruote dei mezzi sia nel cantiere base che nel cantiere operativo in modo da non sporcare la viabilità locale al di fuori del cantiere.

## Acqua

<b>IMPATTI SIGNIFICATIVI</b>	<b>SEGNO</b>	<b>NATURA</b>	<b>MITIGABILITA'</b>	<b>LIVELLO DI MITIGAZIONE</b>
Qualità acque marine (*)	-C	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO
Acque superficiali (**)	-	-	-	-

(\*) Per qualità si intendono le caratteristiche chimico-fisiche.

Durante la fase di cantiere si attendono effetti temporanei di intorbidamento delle acque durante le operazioni di dragaggio, salpamento, posa in opera dei cassoni, ecc. potenzialmente accompagnati dal rilascio di eventuali inquinanti. Si fa tuttavia presente che è previsto l'uso di panne galleggianti munite di gonne al fine di limitare l'intorbidamento della colonna d'acqua.

Non si esclude un'alterazione della chimica delle acque dovuta a sversamenti e/o perdite in mare di olii ed altri inquinanti dei mezzi d'opera.

(\*\*\*) Gli interventi non interesseranno il comparto delle acque superficiali

Le soluzioni tecniche migliorative e le mitigazioni proposte sono di seguito elencate.

- Accurata selezione degli inerti di cava riducendo fortemente la componente fine che è causa nella immissione in mare della torbidità.
- Uso di panne a contenimento della zona di lavoro, le stesse avranno il duplice scopo di conterminare l'area di torbidità che di intrappolare eventuali accidentali sversamenti. Saranno in particolare utilizzate panne costituite da una parte galleggiante emersa in poliuretano e una parte immersa (gonna lunga) in poliestere spalmato in PVC.
- Uso di KIT di pronto intervento al fine di intervenire contro eventuali sversamenti di olii o carburanti in mare.
- Lubrificanti di parti idrauliche a contatto con acqua definiti "ecologici", ovvero rispondenti alle Direttive 1980/2000 e 2005/360/CE.

## Suolo

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Occupazione suoli per aree e piste di cantiere (*)	-C	T	MITIGABILE	COMPLETO
Processi erosivi e deposizionali (**)				
Impatto sui fondali di posa (***)	-C	L	NON MITIGABILE	/
Approvvigionamento materiali (****)	-C	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO
Smaltimento materiali (*****)				

(\*) Il sito d'intervento è servito da viabilità asfaltata e pertanto non è prevista l'apertura di piste di cantiere. Tutte le aree di cantiere per la centrale di betonaggio, per lo stoccaggio dei ferri di armatura e degli inerti per il confezionamento dei calcestruzzi, per la realizzazione dei cassoni cellulari sono raggiungibili via gomma (su strade esistenti) e via mare.

(\*\*) In fase di costruzione l'impatto non è significativo

(\*\*\*) Il prolungamento del Molo di Ponente inevitabilmente determina la sottrazione di un porzione, non significativa, di fondale.

(\*\*\*\*) Il reperimento dei materiali lapidei è assicurato attraverso cave autorizzate ubicate in prossimità dell'intervento.

(\*\*\*\*\*) Tutto il materiale proveniente dai salpamenti e dalle demolizioni sarà riutilizzato per altri fini progettuali (ad es. riempimento delle cassette). Analogamente i fanghi di dragaggio potrà essere riutilizzato per il riempimento dei cassoni (previa caratterizzazione) o smaltito in discarica autorizzata.

Le soluzioni tecniche migliorative proposte dal progetto riguardano i volumi di materiale da approvvigionare e i volumi provenienti da demolizioni da smaltire.

A tal riguardo la scelta di aumentare le dimensioni dei cassoni al fine di aumentare i volumi per il riutilizzo dei materiali consente di ridurre le quantità dei materiali da approvvigionare da cava, tale miglioria porta ad una sostanziale riduzione dei viaggi e quindi delle emissioni inquinanti;

Inoltre la soluzione proposta permette di raggiungere gli obiettivi del DECRETO 8 maggio 2003, n. 203 secondo cui il fabbisogno annuale di manufatti e beni nelle amministrazioni pubbliche debba essere coperto con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo. Nel caso in esame nel progetto definitivo proposto ben oltre il 60% del fabbisogno totale è coperto dal recupero di materiali provenienti dalle lavorazioni contro una percentuale di appena il 27% nello scenario del preliminare posto a base di gara.

	Preliminare	Definitivo
Materiali da cava	133.000mc	86.800mc
Materiali riutilizzati	54.400mc ( <b>27%</b> del fabbisogno)	160.000mc ( <b>65%</b> del fabbisogno)

## Flora e fauna

<b>IMPATTI SIGNIFICATIVI</b>	<b>SEGNO</b>	<b>NATURA</b>	<b>MITIGABILITA'</b>	<b>LIVELLO DI MITIGAZIONE</b>
Distruzione della vegetazione (*)	-C	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO
Disturbo alla fauna (**)	-C	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO

(\*) Si ritiene che gli habitat di valore naturalistico presenti nell'area vasta non siano suscettibili di alterazioni relativamente allo stato di conservazione di specie floristiche e vegetazionali. Per quanto riguarda la Posidonia gli eventuali effetti negativi che potrebbero derivare da risospensione dei sedimenti in fase di cantiere sono, di fatto, annullati dalle misure di mitigazione previste.

(\*\*) L'avifauna potrebbe subire potenziali interferenze dalla realizzazione dell'opera in progetto; tuttavia, non si rilevano disturbi a suo carico in quanto immediatamente in prossimità dell'area di studio, ovvero nelle aree interessate dal porto commerciale e da quello industriale, non si riscontrano specie di interesse naturalistico e comunque i lavori previsti (fase di cantiere) non determineranno, in generale, un significativo innalzamento di rumorosità. L'ittiofauna sarà disturbata dal rumore prodotto dal trasporto delle strutture e dalla loro collocazione. Tuttavia, la temporaneità del cantiere, limiteranno gli eventuali impatti e produrranno un probabile momentaneo allontanamento dal sito delle comunità ittiche.

## Rumore e vibrazioni

<b>IMPATTI SIGNIFICATIVI</b>	<b>SEGNO</b>	<b>NATURA</b>	<b>MITIGABILITA'</b>	<b>LIVELLO DI MITIGAZIONE</b>
Disturbo da rumore (*)	-C -U	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO
Disturbo da vibrazioni (**)	/			

(\*) Non si prevedono nel periodo diurno superamenti connessi alla rumorosità aggiuntiva relativa alla realizzazione degli interventi in oggetto al di fuori delle aree di cantiere. In particolare presso le aree abitative affacciate sul porto civico la rumorosità indotta dalle attività di cantiere non determina alterazioni del clima acustico preesistente. In tale area i limiti di legge sono ampiamente rispettati data la distanza significativa dai cantieri; anche per il valore limite differenziale di immissione non si rilevano criticità. A tale scenario di bassa criticità contribuiscono inoltre alcuni interventi migliorativi introdotti nell'ambito del progetto definitivo ed in particolare:

- riduzione dei traffici in ingresso nel porto civico e nella delocalizzazione dei traffici verso il porto industriale;
- utilizzo di pannelli fonoassorbenti mobili da installare lungo la recinzione del cantiere operativo del Molo di Levante.

(\*\*) Non si prevedono impatti significativi in virtù della distanza (non inferiore a 600 m) dei ricettori abitativi dalle aree di lavorazioni a maggiore impatto.

Le soluzioni tecniche migliorative e le mitigazioni proposte sono di seguito elencate.

- riduzione dei traffici in ingresso nel porto civico e nella delocalizzazione dei traffici verso il porto industriale. La Sales Spa prevede infatti di attrezzare come zona di approvvigionamento dei massi di scogliera un'area collocata sul Molo di Ponente del porto industriale e da lì trasportare il materiale via mare fino al Molo di Ponente del porto civico.
- Utilizzo di pannelli fonoassorbenti mobili da installare lungo la recinzione del cantiere operativo del Molo di Levante.

## Paesaggio

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Alterazione morfologica(*)	-C	L	NON MITIGABILE	/
Alterazione dei connotati paesaggistici del territorio (**)	/			
Intrusione visuale (***)	-U	L	DIFFICILMENTE MITIGABILE	COMPLETABILE

(\*) Il progetto comporta un'alterazione scarsamente significativa della morfologia superficiale dal momento che si prevede il prolungamento di strutture portuali esistenti.

(\*\*) Il paesaggio non presenta elementi storico-architettonici e/o archeologici in vicinanza del sito d'intervento.

(\*\*\*) Il bacino visuale è abbastanza contenuto e limitato alle visuali attinte da mare (imbarcazioni private e traghetti) e da terra quasi esclusivamente da punti posti ad est dell'abitato di Porto Torres lungo la costa e dalla zona del Ponte Romano ad ovest dell'abitato.

## Popolazione, salute pubblica

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Disturbo operazioni e traffico di cantiere (*)	-C -U	L	PARZIALMENTE MITIGABILE	COMPLETO

(\*) Sono raggruppati gli impatti tali da causare traumi, malattie e/o morte. Non si registrano impatti significativi in quanto le previste lavorazioni non presentano particolari rischi, salvo il rispetto delle vigenti normative sulla sicurezza nei cantieri di lavoro.

### **6.3.2. Schede riassuntive degli impatti in fase di esercizio**

#### Aria e clima

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Emissioni dovute al traffico stradale (*)	/			
Emissioni dovute al traffico dei natanti (*)	/			

(\*) La realizzazione degli interventi ha il solo scopo di aumentare la sicurezza della navigazione all'ingresso ed in uscita dal porto e la sicurezza degli ormeggi. Non si prevedono pertanto variazioni relativamente al traffico stradale e dei natanti con conseguenti impatti sull'aria.

## Acqua

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Alterazione delle caratteristiche chimiche e fisiche acque marine (*)	/			
Alterazione delle caratteristiche chimiche e fisiche delle acque superficiali (**)	/			
Alterazione del regime idrodinamico (***)	-C	L	NON MITIGABILE	/

(\*) Non sono prevedibili significative variazioni rispetto allo stato attuale non prevedendosi variazioni nel numero delle imbarcazioni in entrata nel porto.

(\*\*) Il progetto non prevede interventi che coinvolgano le acque superficiali.

(\*\*\*) Le opere in progetto modificheranno leggermente il regime idrodinamico all'esterno del porto ma con conseguenze trascurabili e delle quali si risentirà solo localmente

## Suolo

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Occupazione del suolo (*)	/			/
Impatto sul sottosuolo (**)	-C	L	NON MITIGABILE	/

(\*) Detto impatto nel caso del progetto in esame non è applicabile non essendo previsti interventi in aree emerse.

(\*\*) Per "sottosuolo" si intendono i fondali marini. Convenzionalmente il passaggio fra "suolo" e "sottosuolo" è stato posto coincidente col piano sopralitorale, che appunto, si colloca nella zona di transizione tra l'ambiente terrestre e quello marino.

La realizzazione delle opere di progetto, comporterà potenzialmente una modifica dei processi erosivi e deposizionali in atto. Tali effetti, studiati mediante simulazioni modellistiche a corredo del progetto, escludono impatti significativi a carico della dinamica costiera.

## Flora e fauna

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Disturbo agli ecosistemi marini (*)				
Disturbo agli ecosistemi terrestri (**)				

(\*) Gli interventi non avranno effetti sugli ecosistemi marini.

(\*\*) Le aree a terra non sono interessate dai lavori.

## Rumore e vibrazioni

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Disturbo da rumore (*)				
Disturbo da vibrazioni (*)				

(\*) La realizzazione degli interventi ha il solo scopo di aumentare la sicurezza della navigazione all'ingresso ed in uscita dal porto e la sicurezza degli ormeggi. Non si prevedono pertanto variazioni relativamente al traffico stradale e dei natanti e conseguentemente non si avranno impatti sul rumore e sulle vibrazioni.

## Paesaggio

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Componenti fisiche (morfologia, idrografia, copertura vegetazionale, ecc.)				
Intrusione visuale (*)	-U	L	DIFFICILMENTE MITIGABILE	/

(\*) Il progetto prevede esclusivamente limitati interventi a mare, conseguentemente non si avranno impatti sulle componenti fisiche del paesaggio.

(\*\*) Le opere in progetto consistono nell'ampliamento di una infrastruttura portuale esistente mediante l'ampliamento dei moli di ingresso. Le alterazioni inerenti la percezione del paesaggio sono comprese entro un ambito spaziale già alterato e interessato da strutture portuali (porto civico e porto industriale). I maggiori impatti si prevedono esclusivamente da punti posti ad est dell'abitato di Porto Torres lungo la costa e dalla zona del Ponte Romano ad ovest dell'abitato.

Le soluzioni tecniche migliorative e le mitigazioni proposte sono di seguito elencate.

- il prolungamento del muro paraonde del Molo di Ponente verrà realizzato in modo da costituire prosecuzione dell'esistente sia in termini di sagoma che di materiali. È previsto, infatti, il rivestimento in analogia con il muro esistente;
- al fine del miglioramento della qualità paesaggistica si propone di illuminare il Molo di Ponente attraverso sorgenti puntuali a basso consumo. Benché il principale obiettivo sia quello di migliorare la visibilità dell'opera a mare con benefici sulla sicurezza è indubbio che tale scelta abbia un positivo effetto di valorizzazione paesaggistica.
- In corrispondenza della testata del Molo di Levante è oggi presente una Madonnina che verrà preliminarmente smontata conservata e rimontata in posizione finale al termine dei lavori in corrispondenza della nuova testata del Molo di Levante.

### Popolazione, salute pubblica

IMPATTI SIGNIFICATIVI	SEGNO	NATURA	MITIGABILITA'	LIVELLO DI MITIGAZIONE
Sicurezza (*)	+U	L	/	/
Disturbo (**)	/	/	/	/

(\*) La realizzazione degli interventi ha il solo scopo di aumentare la sicurezza della navigazione all'ingresso ed in uscita dal porto e la sicurezza degli ormeggi. Non si prevedono invece variazioni relativamente al traffico stradale e dei natanti.

(\*\*) Non si prevedono variazioni relativamente al traffico stradale e dei natanti.

## **7. ALLEGATI**

### **7.1. Elaborati grafici**

- Tavola 1: Planimetria delle opere in progetto. Scala 1:3.000
- Tavola 2: Planimetria di progetto su foto aerea. Scala 1: 3.000
- Tavola 3: Sezioni tipologiche delle opere in progetto. Scala /
- Tavola 4: Carta della cantierizzazione.
- Tavola 5: Miglioramento dell'impatto delle nuove opere sull'ambiente.
- 

### **7.2. Appendici**

- Appendice 1: Elaborato fotografico
- Appendice 2: Relazione tecnica costituente documento di gara "Miglioramento dell'impatto delle nuove opere sull'ambiente"

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA  
OLBIA – GOLFO ARANCI – PORTO TORRES

PROGETTO DEFINITIVO

Hub portuale di Porto Torres  
Prolungamento dell'antemurale di Ponente e resecazione  
banchina Alti Fondali 1° e 2° stralcio

**Quadro di Riferimento Progettuale**

Appendice 1: Elaborato fotografico

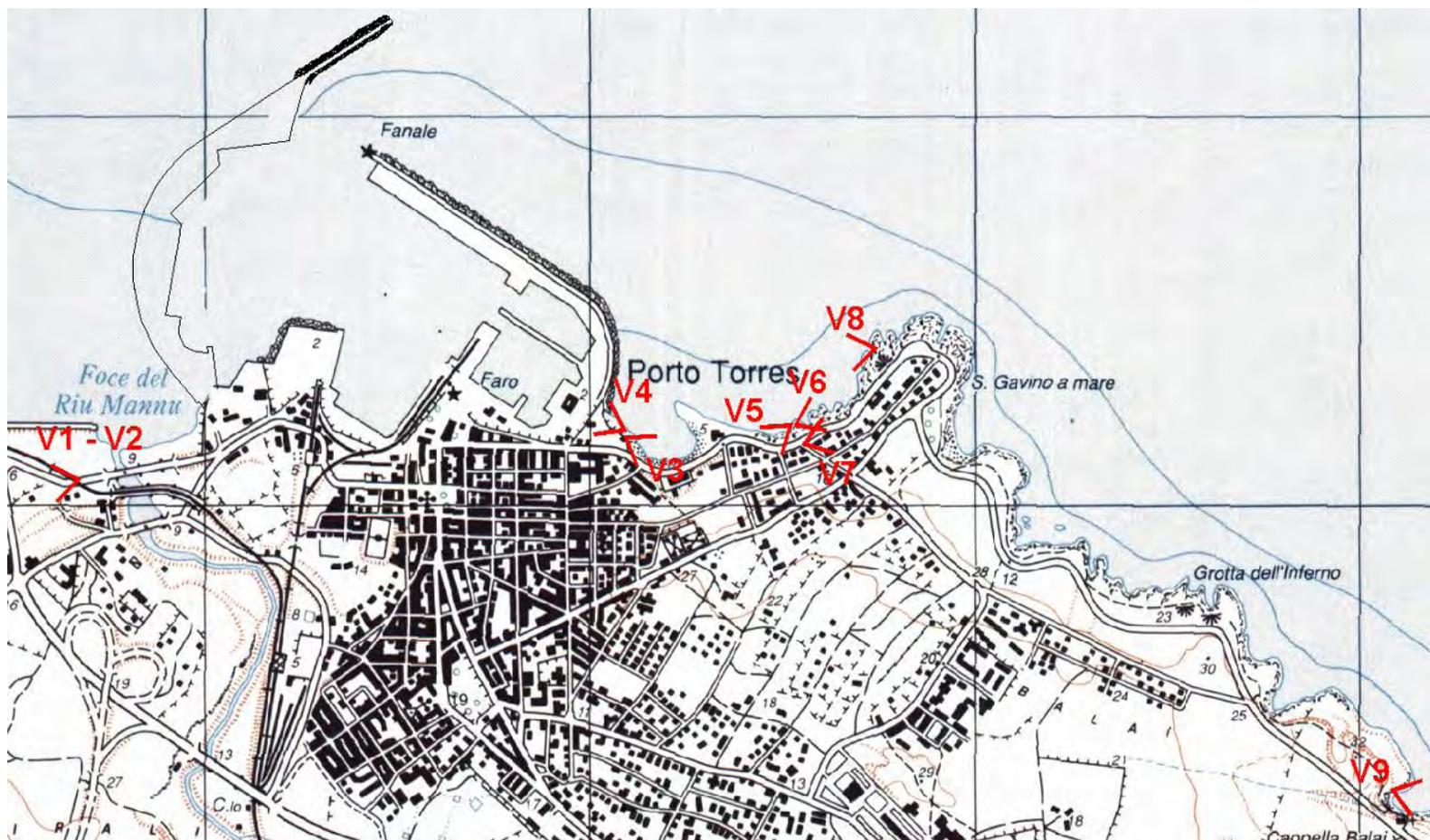
Febbraio 2015

## INDICE

<b>1.</b>	<b>AREA VASTA .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Punti di ripresa fotografica.....	3
<b>2.</b>	<b>AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>9</b>
2.1.	Punti di ripresa fotografica.....	9
<b>3.</b>	<b>PARTICOLARI .....</b>	<b>20</b>
3.1.	Punti di ripresa fotografica.....	20

# 1. AREA VASTA

## 1.1. Punti di ripresa fotografica



Ubicazione punti di ripresa fotografica



Foto V1



Foto V2



**Foto V3**



**Foto V4**



**Foto V5**



**Foto V6**



Foto V7



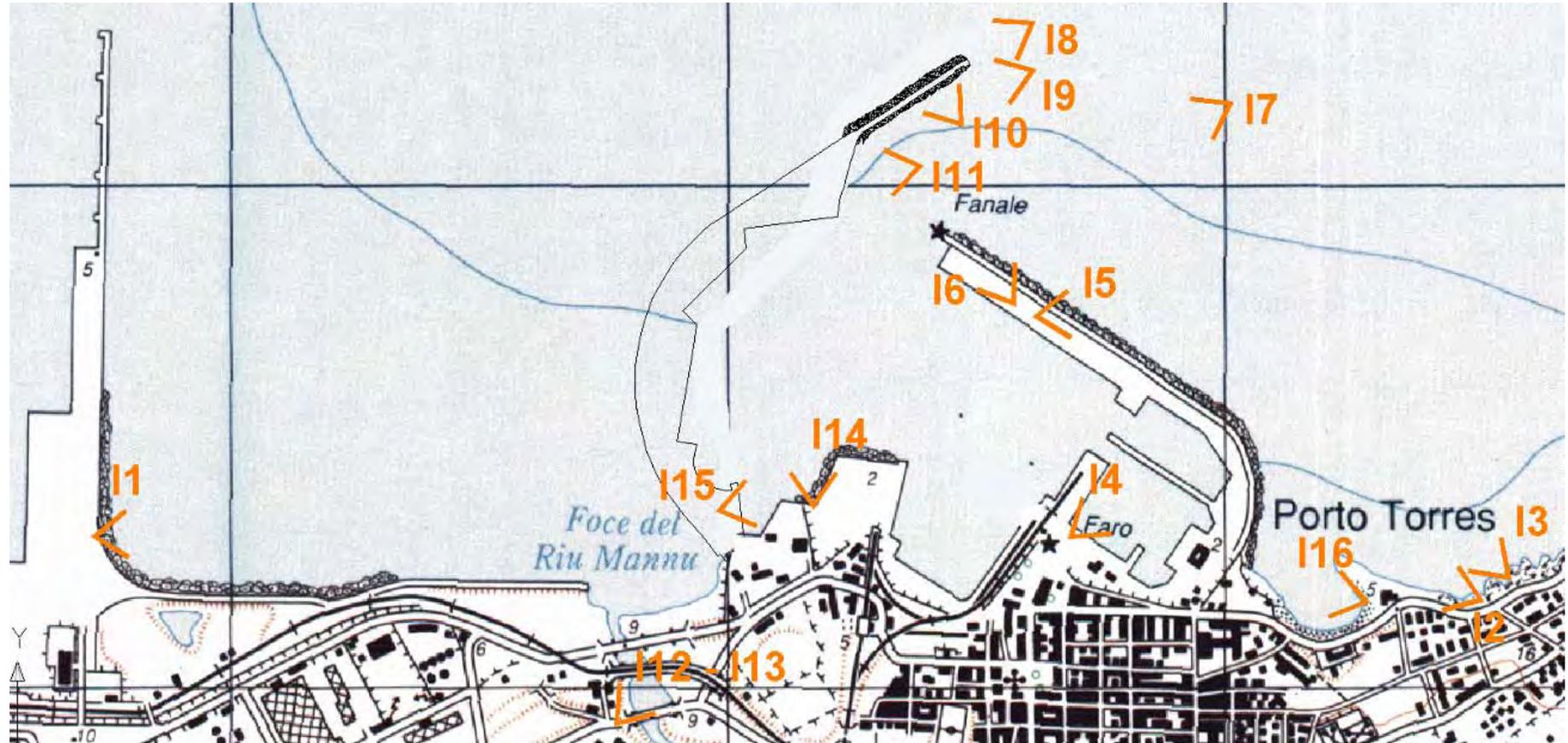
**Foto V8**



**Foto V**

## 2. AREA DI INTERVENTO

### 2.1. Punti di ripresa fotografica



Ubicazione punti di ripresa fotografica



**Foto I1**



**Foto I2**



**Foto I3**



**Foto I4**



**Foto I5**



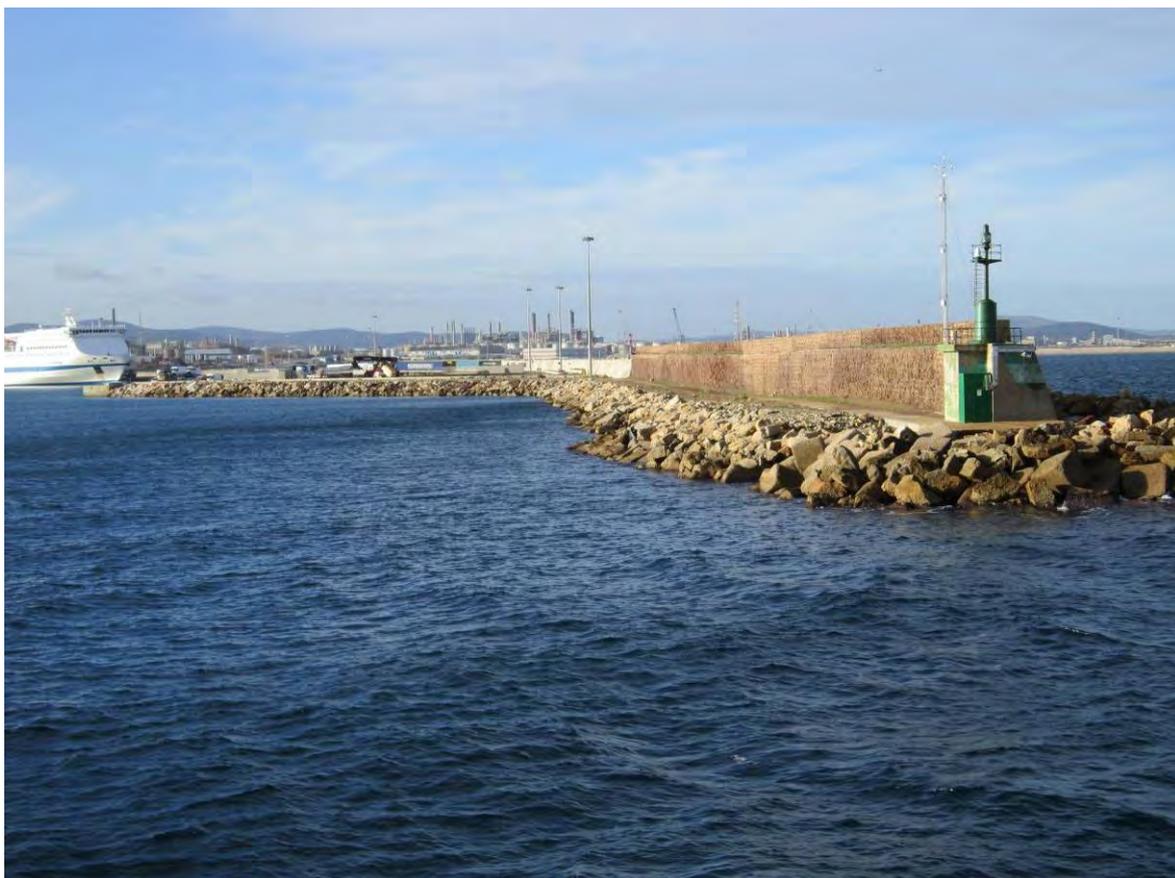
Foto I6



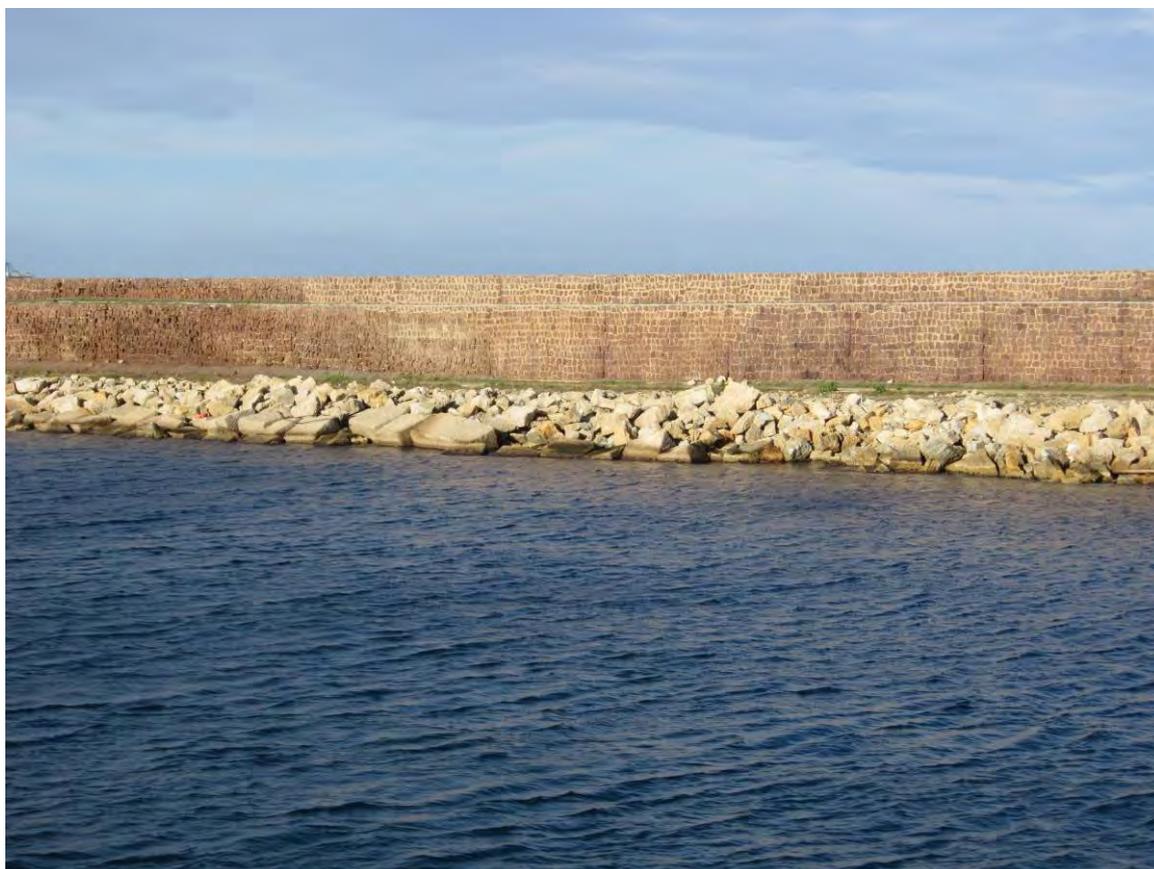
**Foto I7**



**Foto I8**



**Foto I9**



**Foto I10**



**Foto I11**



**Foto I12**



**Foto I13**



**Foto I14**



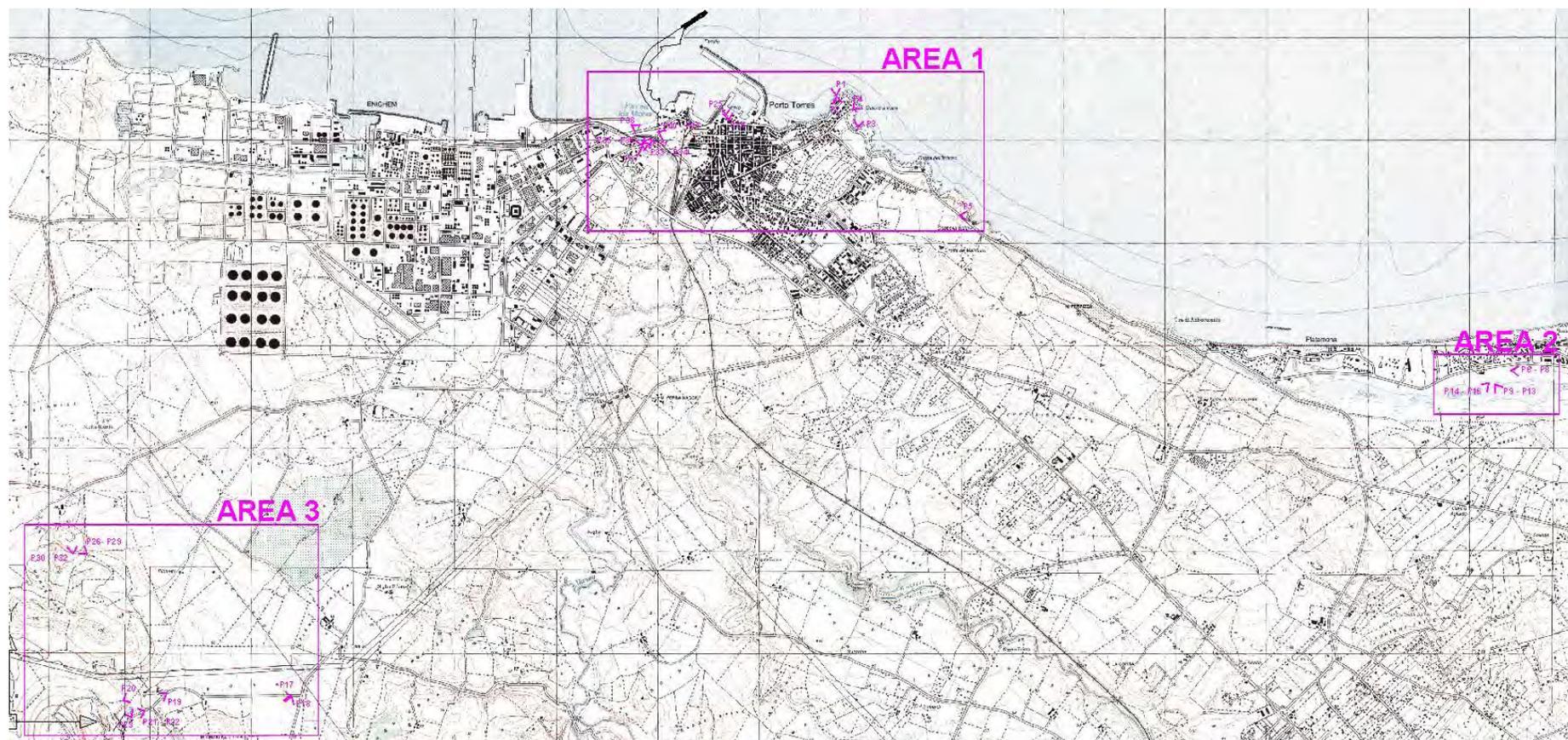
**Foto I15**



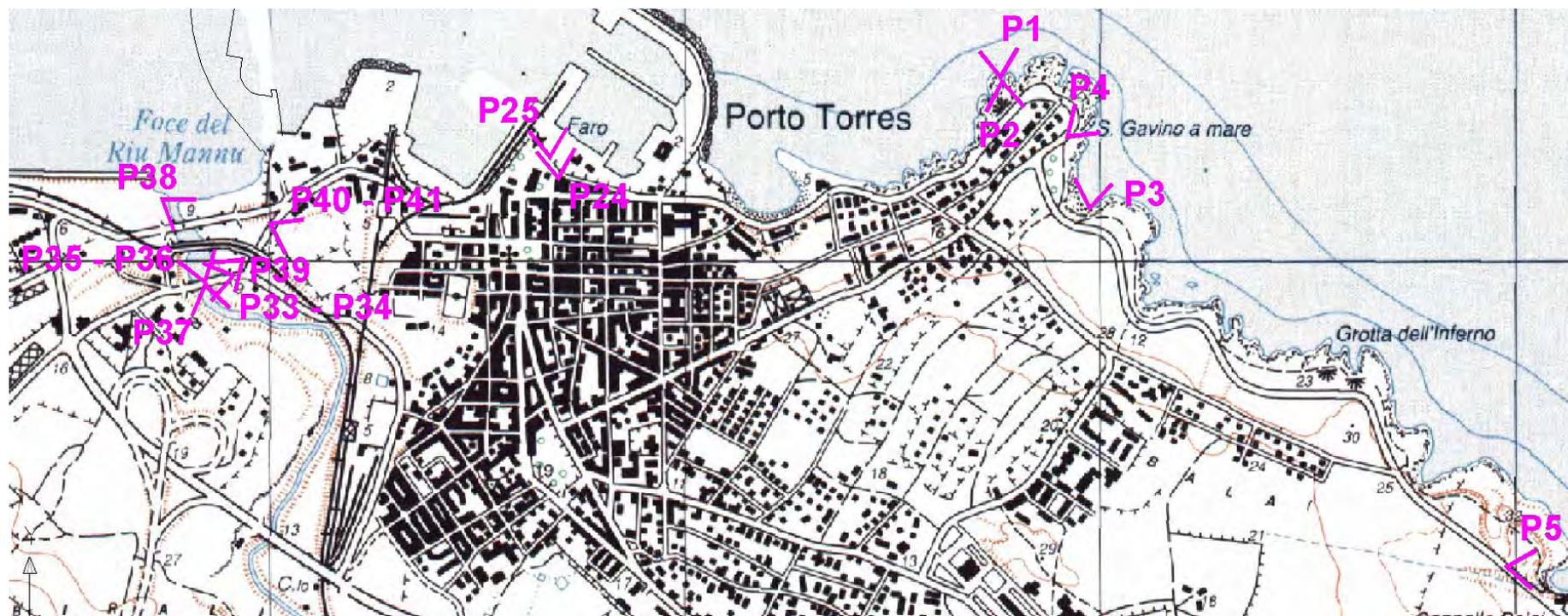
**Foto I16**

### 3. PARTICOLARI

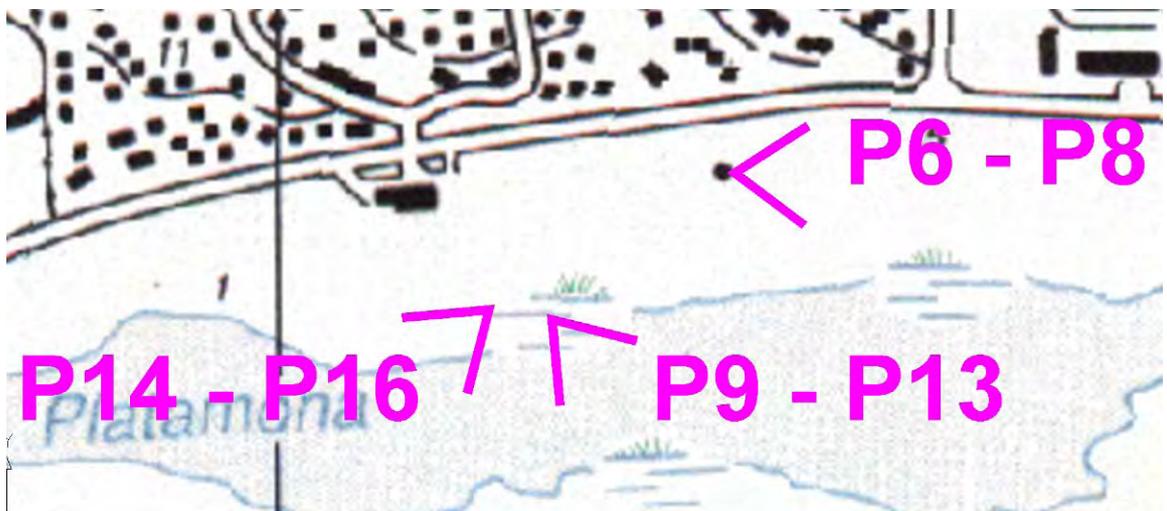
#### 3.1. Punti di ripresa fotografica



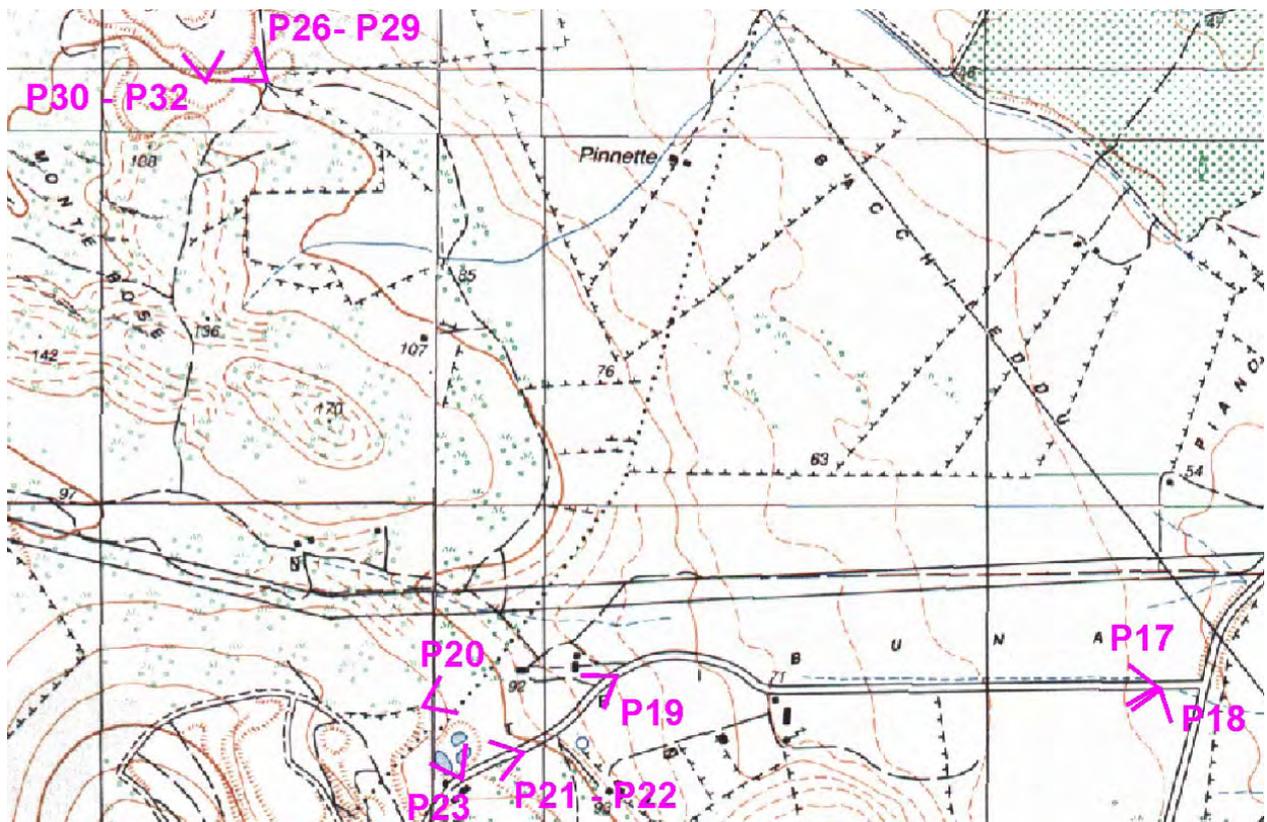
Ubicazione punti di ripresa fotografica: quadro di unione



Ubicazione punti di ripresa fotografica: Area 1



Ubicazione punti di ripresa fotografica: Area 2



Ubicazione punti di ripresa fotografica: Area 3



Foto P1



**Foto P2**



**Foto P3**



**Foto P4**



Foto P5

## Stagno di Platamona



Foto P6



Foto P7



**Foto P8**



**Foto P9**



**Foto P10**



**Foto P11**



**Foto P12**



**Foto P13**



**Foto P14**



**Foto P15**



**Foto P16**

**Cava di Monte Alvaro**



**Foto P17**



**Foto P18**



**Foto P19**



**Foto P20**



**Foto P21**



**Foto P22**



Foto P23



Foto P24



Foto P25



Foto P26



**Foto P27**



**Foto P28**



**Foto P29**



**Foto P30**



**Foto P31**



**Foto P32**



**Foto P33**



**Foto P34**



**Foto P35**



**Foto P36**



**Foto P37**



**Foto P38**



**Foto P39**



**Foto P40**



**Foto P41**

AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA

OLBIA – GOLFO ARANCI – PORTO TORRES

PROGETTO DEFINITIVO

Hub portuale di Porto Torres

Prolungamento dell'antemurale di Ponente e resecazione  
banchina Alti Fondali 1° e 2° stralcio

## **Quadro di Riferimento Progettuale**

Appendice 2: Relazione tecnica costituente documento di gara

"Miglioramento dell'impatto delle nuove opere sull'ambiente"

Febbraio 2015

---



## AUTORITA' PORTUALE NORD SARDEGNA

APPALTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA SULLA BASE DEL PROGETTO PRELIMINARE E LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI PER IL PROLUNGAMENTO DELL'ANTEMURALE DI PONENTE E DELLA RESECAZIONE DELLA BANCHINA ALTI FONDALI DEL PORTO CIVICO DI PORTO TORRES. CIG 5630886220; CUP B21G11000040001

### RELAZIONE TECNICA **3 c)** PROPOSTE MIGLIORATIVE DEL PROGETTO DEFINITIVO Miglioramento dell'impatto delle nuove opere sull'ambiente



Impresa

24 OTT 2014

**sales**

SALES S.p.A.  
Presidente del Consiglio di Amministrazione  
(Ing. Loriani Zambardi)

Costituendo Raggruppamento Temporaneo di Progettisti



SEACON s.r.l.

Ing. Lucio Abbadessa Unico  
Ing. Lucio Abbadessa



GEOTECHNICAL

DMS

Geotechnical Engineering srl

**INTERPROGETTI**

Interprogetti S.p.A.  
Amministratore Delegato  
Dr. Ing. Maurizio Torti

## SOMMARIO

1. PREMESSA .....	1
2. FASE DI REALIZZAZIONE .....	1
2.1. Aria .....	1
2.2. Acqua.....	2
2.3. Suolo .....	2
2.4. Flora e fauna .....	3
2.5. Rumore e vibrazioni.....	3
3. FASE DI ESERCIZIO .....	3
3.1. Paesaggio e Mitigazioni Ambientali.....	3
3.2. Compensazioni.....	5

## 1. PREMESSA.

Scopo della presente relazione è quello di esporre le soluzioni migliorative volte a **“migliorare l'impatto delle nuove opere sull'ambiente sia in relazione alle fasi di realizzazione che di esercizio delle stesse”**.

## 2. FASE DI REALIZZAZIONE

L'impatto dei lavori sull'ambiente, in accordo con quanto già fatto nel documento di Progetto Preliminare C.01, va analizzato in funzione delle componenti ambientali interessate:

- a. aria;
- b. acqua;
- c. suolo;
- d. flora e fauna;
- e. rumore e vibrazioni.

### 2.1. Aria

I principali effetti attesi sulla componente aria sono connessi a:

- emissione di gas di scarico dei mezzi d'opera preposti all'approvvigionamento dei materiali da costruzione ed allo smaltimento dei residui di lavorazione e dei rifiuti;
- produzione di polveri e particelle solide in sospensione dovute alle attività di traffico dei mezzi, operazioni di scavo e riempimento, operazioni di demolizione, processi di trasposto, carico e scarico, deposito di materiali.

Le soluzioni tecniche migliorative sono di seguito elencate.

- ✓ **mezzi moderni ed efficienti a ridotte emissioni (MIGLIORIA M1)**. I mezzi che vengono proposti sono tutti di recente costruzione e quindi conformi alle recenti normative antinquinamento. I mezzi di maggior peso nella compagine di cantiere sono le **motobette auto propulse, gli escavatori ed i mezzi per il trasporto dei bilici**;  
**Di seguito riportiamo una breve scheda con riportate le specifiche certificazioni dei mezzi nei confronti delle norme antinquinamento.**

Mezzo	Norma Antinquinamento	Anno di Costruzione
Motonave Splitbarge Massimo	MEC 178 (58)	2010
Motonave Fabio Duò	MEC 178 (58)	2012
Escavatore Liebherr 984	97/68/EC	2003
Escavatore Hitachi 470	97/68/EC - FASE 3	2013
Motrice Mercedes Benz Actross	EURO 5	2013

- ✓ l'ottimizzazione e la **riduzione del numero di viaggi per il trasporto di materiali (MIGLIORIA M2)**. A tal riguardo la scelta di aumentare l'altezza dei cassoni al fine di aumentare i volumi per il riutilizzo dei materiali consente di ridurre le quantità di materiali da approvvigionare da cava. Tale miglioria porta ad una sostanziale riduzione dei viaggi e quindi delle emissioni inquinanti;
- ✓ la realizzazione di **cassoni di grandi dimensioni con relativa riduzione del numero di viaggi connessi al trasporto (MIGLIORIA M3)** dei cassoni;
- ✓ **Realizzazione dei cassoni nel porto più vicino (MIGLIORIA M4)**. I cassoni verranno infatti costruiti mediante il bacino galleggiante "ALESSANDRO" di proprietà della SALES, posizionato in prossimità del molo di ponente del porto industriale di Porto Torres. Il bilancio energetico globale ne trae indubbio vantaggio in quanto i mezzi marittimi preposti al trasporto ed al varo dei cassoni dovranno percorrere un tratto di mare irrisorio in rapporto ad un qualsiasi eventuale trasporto dal continente;

- ✓ **Cantiere di impianto di prefabbricazione dei cassoni dotato di impianto per la produzione di calcestruzzi con conseguente eliminazione dei trasporti dei calcestruzzi tramite autobetoniere (MIGLIORIA M5).**
- ✓ **Si prevede la pavimentazione in conglomerato bituminoso del tratto di strada (oggi costituita da una semplice pista in terra) che va dal cantiere base alla testa del molo di Ponente con la realizzazione di una base in conglomerato bituminoso prima dell'inizio delle lavorazioni e poi con la realizzazione del binder alla fine dei lavori a ripristino della viabilità. Il primo intervento consente di limitare fortemente la produzione e il diffondersi di polveri. Il secondo (la realizzazione del binder) consente di lasciare all'amministrazione una buona viabilità per raggiungere il prolungamento del molo di Ponente (MIGLIORIA M6).**
- ✓ **umidificazione periodica dei cumuli di materiale inerte e delle piste di cantiere in modo da ridurre il diffondersi delle polveri (MIGLIORIA M7)**
- ✓ **la copertura degli scarrabili in modo da ridurre la dispersione delle polveri lungo il percorso dei mezzi al fuori del cantiere (MIGLIORIA M8)**
- ✓ **Installazione di due impianti per il lavaggio delle ruote dei mezzi sia nel cantiere base che nel cantiere operativo in modo da non sporcare la viabilità locale al di fuori del cantiere (MIGLIORIA M9)**

## 2.2. Acqua

I principali effetti a carico della componente acqua sono:

- l'aumento del materiale in sospensione e conseguente riduzione della trasparenza delle acque (torbida) sia in fase di demolizione che di realizzazione delle scogliere (radicamento e scanni di imbasamento);
- accidentali sversamenti di idrocarburi dai mezzi di cantiere.

Le soluzioni tecniche migliorative e le mitigazioni proposte sono di seguito elencate.

- ✓ **Accurata selezione degli inerti di cava (MIGLIORIA M10)** riducendo fortemente la componente fine che è causa nella immissione in mare della torbidità.
- ✓ **Uso di panne a contenimento della zona di lavoro (MIGLIORIA M11)**, le stesse avranno il duplice scopo di conterminare l'area di torbidità e di intrappolare eventuali accidentali sversamenti. Saranno in particolare utilizzate panne costituite da una parte galleggiante emersa in poliuretano e una parte immersa (gonna lunga) in poliestere spalmato in PVC.
- ✓ **Uso di KIT di pronto intervento al fine di intervenire contro eventuali sversamenti di olii o carburanti in mare (MIGLIORIA M12).**
- ✓ **lubrificanti di parti idrauliche a contatto con acqua definiti "ecologici",** ovvero rispondenti alle Direttive 1980/2000 e 2005/360/CE **(MIGLIORIA M13).**

## 2.3. Suolo

Gli effetti sulla componente suolo sono legati ai:

- volumi di materiale da approvvigionare per riempimenti, scogliere, cls;
- volumi di materiali da smaltire provenienti dalle demolizioni.

A tal riguardo la scelta di aumentare le dimensioni dei cassoni al fine di aumentare i volumi per il riutilizzo dei materiali consente di ridurre le quantità dei materiali da approvvigionare da cava. Tale miglioria porta ad una sostanziale riduzione dei viaggi e quindi delle emissioni inquinanti (vedasi Miglioria M2).

Inoltre la soluzione proposta permette di raggiungere gli obiettivi del **DECRETO 8 maggio 2003, n. 203** secondo cui il fabbisogno annuale di manufatti e beni nelle amministrazioni pubblica debba essere coperto con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al **30%** del fabbisogno medesimo. Nel caso in esame nel progetto definitivo proposto ben oltre il **60%** del fabbisogno totale è coperto dal recupero di materiali provenienti dalle lavorazioni contro una percentuale di appena il **27%** nello scenario del preliminare posto a base di gara.

	Preliminare	Definitivo
Materiali da cava	133.000mc	86.800mc
Materiali riutilizzati	54.400mc (27% del fabbisogno)	160.000mc (65% del fabbisogno)

#### 2.4. Flora e fauna

Per quanto riguarda la flora e la fauna non sono previsti, già in sede di preliminare, impatti sugli habitat costieri, se non in misura temporanea.

#### 2.5. Rumore e vibrazioni

Considerando che le lavorazioni si svolgono a mare e quindi ad una certa distanza dai ricettori sensibili non si rilevano particolari impatti da rumore legati alle lavorazioni vere e proprie.

La principale fonte di rumore per i ricettori sensibili è rappresentata dal traffico veicolare in ingresso ed in uscita dal porto e per le lavorazioni che saranno effettuate nel cantiere operativo del molo di Levante

Le migliori proposte sono:

- **riduzione dei traffici in ingresso nel porto civico e nella delocalizzazione dei traffici verso il porto industriale (MIGLIORIA M14).** La Sales prevede infatti di attrezzare come zona di approvvigionamento dei massi di scogliera un'area collocata sul molo di ponente del porto industriale e da lì trasportare il materiale via mare fino al molo di ponente del porto civico.
- **Utilizzo di pannelli fonoassorbenti mobili da installare lungo la recinzione del cantiere operativo del Molo di Levante (MIGLIORIA M15).**

### 3. FASE DI ESERCIZIO

Per ciò che concerne le componenti esaminate in fase di cantiere (aria, acqua, suolo, flora e fauna, rumore e vibrazioni) si può escludere un impatto a lungo a termine legato all'esercizio della struttura. In particolare acqua e suolo risentiranno di un disturbo temporaneo che sarà comunque minimizzato dalla accortezze cantieristiche esposte al precedente paragrafo, analogo discorso vale per plancton, ittiofauna e mammiferi. Nel seguito verranno pertanto esaminati i miglioramenti proposti dal progetto sulla componente paesaggio e sulle opere di mitigazione/compensazione delle opere che vengono proposte.

#### 3.1. Paesaggio e Mitigazioni Ambientali

Di seguito si riportano le migliori in fase di esercizio:

- il prolungamento del muro paraonde del molo di ponente verrà realizzato in modo da costituire prosecuzione dell'esistente sia in termini di sagoma che di materiali. **È previsto infatti il rivestimento in analogia con il muro esistente (MIGLIORIA M16).**



Figura 1 – foto inserimento del muro paraonde con il rivestimento in pietra lato porto

- al fine del miglioramento della qualità paesaggistica si propone di **illuminare il molo di ponente attraverso sorgenti puntuali a basso consumo (MIGLIORIA M17)**. Benché il principale obiettivo sia quello di migliorare la visibilità dell'opera a mare con benefici sulla sicurezza è indubbio che tale scelta abbia un positivo effetto di valorizzazione paesaggistica.



Figura 2 - fotoinserimento delle luci

- In corrispondenza della testata del molo di Levante è oggi presente una **Madonnina che verrà preliminarmente smontata conservata e rimontata in posizione finale al termine dei lavori in corrispondenza della nuova testata del molo di Levante (MIGLIORIA M18).**

### 3.2. Compensazioni

Nell'ambito delle nuove opere si propongono alcuni interventi di compensazione e mitigazione che permettono di ridurre l'impatto della costruzione delle nuove opere sull'ambiente in termini soprattutto di compensazione del consumo di risorse naturali.

A tal riguardo si offre:

- **La realizzazione di due isole ecologiche a mare al di fuori del porto commerciale in aree da concordare con l'Autorità Portuale.** Le isole ecologiche saranno realizzate, seguendo le indicazioni del quaderno n.3 ISPRA "le strutture sommerse per il ripopolamento ittico e la pesca" con elementi in calcestruzzo provenienti dalle demolizioni della banchina del Molo di Levante ed hanno due scopi. Favorire il ripopolamento degli habitat naturali e impedire la pesca a strascico **(MIGLIORIA M19).**

**Si prevede la realizzazione di due complessi di isole ecologiche per un volume complessivo di circa 300mc entro 3 miglia dal porto commerciale.**



Figura 3 - Isole ecologiche a mare per il ripopolamento ittico



- L'installazione di pannelli solari in grado di coprire il fabbisogno di corrente elettrica assorbita dal sistema di illuminazione proposto **(MIGLIORIA M20)**
- L'impianto di 100 piante di essenze locali (diam. max 15cm) che permettono di compensare in parte la produzione di CO<sub>2</sub> generata dalla costruzione delle opere in progetto **da impiantare in zone indicate dall'amministrazione (MIGLIORIA M21).**