

# AUTORITA' PORTUALE



## PORTO CANALE DI CAGLIARI AVAMPORTO EST DISTRETTO DELLA CANTIERISTICA

### PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE

Titolo elaborato:

#### RELAZIONE GENERALE

Scala:

1 0    0 1 5    D R    0 0 1    - 0    G E N

Committente:

**AUTORITA' PORTUALE  
DI CAGLIARI**

R.U.P.:

Dott. Ing. Sergio MURGIA

Progetto Opere a Mare:

MODIMAR s.r.l.  
Prof. Ing. Alberto NOLI  
Dott. Ing. Marco TARTAGLINI

Progetto Opere a Terra:

DOLMEN s.r.l.  
Dott. Ing. Serafino RUBIU  
Dott. Ing. Luciano BIGGIO

Geologia

Dott. Geol. Marcello GHIGLIOTTI  
Studio di Inserimento Ambientale  
VDP s.r.l.

Dott. Ing. Francesco VENTURA  
Dott. Arch. Silvia MARTORANA

P.E.F. e Piano di Gestione  
Dott. Simone TEMPESTI

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
	15/12/2011	0	EMISSIONE	E. CAMUSI	M. TARTAGLINI	A. NOLI

La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo disegno con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.  
This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission

Visto del Committente:

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale				
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011				
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1 GEN

## **AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI**

### **PORTO CANALE DI CAGLIARI**

#### **AVAMPORTO EST**

#### **DISTRETTO DELLA CANTIERISTICA**

#### **PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE**

#### **RELAZIONE GENERALE**

##### **INDICE**

1.	PREMESSE	2
2.	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI	6
3.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	9
3.1.	Distretto della Cantieristica - Banchina di riva	9
3.2.	Distretto della Cantieristica - Canale di navigazione interno	12
3.3.	Molo Sud e banchina Est	14
3.4.	Molo Ovest	19
3.5.	Apertura varco Molo di Levante	20
3.6.	Dragaggi e gestione dei sedimenti	22
4.	CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA	25
5.	PIANO DI MONITORAGGIO	27
6.	PREVENZIONE DEI RISCHI IN FASE ESECUTIVA – DISPOSIZIONI	28
7.	PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	29
8.	TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE	30

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

## 1. PREMESSE

L’Autorità Portuale di Cagliari ha previsto – nei propri strumenti programmatori – la realizzazione, nell’avamposto di levante del Porto Canale, di un “DISTRETTO DELLA CANTIERISTICA” destinato ad insediamenti industriali, artigianali e commerciali nel settore di attività della cantieristica per la nautica da diporto, con particolare riferimento al refitting di megayacht.

A seguito dell’espletamento di una gara pubblica l’A.T.I. costituita da *MODIMAR S.R.L., DOLMEN S.R.L., V.D.P. S.R.L., Dott. Geol. MARCELLO GHIGLIOTTI e Dott. SIMONE TEMPESTI* è stata incaricata di redigere il progetto definitivo delle opere a terra ed a mare del Distretto.

In una fase preliminare, sulla base di una indagine di mercato che ha riguardato tutti i principali distretti della cantieristica presenti sul territorio nazionale, la scrivente ATI ha individuato tre soluzioni alternative di configurazione e organizzazione.

Sulla base dei risultati di un confronto tecnico economico tra le tre alternative è stata individuata dall’Autorità Portuale la soluzione tecnica che meglio soddisfaceva i requisiti progettuali.

Il Distretto della cantieristica è collocato nella colmata est del porto canale di Cagliari ed occupa una superficie complessiva di circa 22.7 ha dei quali circa 3.2 ha conquistati a mare mediante l’avanzamento di circa 50 m dell’attuale linea di riva.

Secondo le previsioni dell’attuale P.R.P. del porto di Cagliari, insieme alle infrastrutture per attività artigianali e professionali legate al mondo della nautica da diporto previste lungo il fronte verso Cagliari, nell’area compresa tra il Distretto e la radice del molo guardiano di levante del porto canale, costituirà una **cittadella della nautica**, che vedrà, sul versante del Porto Canale, un sistema di verde attrezzato integrato col nuovo Parco di S. Efisio previsto, a fianco del Distretto, all’imboccatura del canale vero e proprio del Porto industriale.

Le aree del Distretto sono state suddivise in n°15 lotti dei quali uno ha una superficie di circa 5 ha e consentirà l’insediamento di un cantiere in grado di fornire servizi di alaggio e varo, di carenaggio, di manutenzione/riparazione e di rimessaggio invernale per imbarcazioni di lunghezza fino a oltre 50 m (maxi yacht), quattro hanno una superficie di circa 1.35 ha e sono stati dimensionati per consentire l’insediamento di cantieri in grado di fornire lo stesso tipo di servizi per imbarcazioni di lunghezza fino a 35÷40 m, quattro hanno una superficie di circa 1.25 ha e sono stati dimensionati per consentire l’insediamento di cantieri in grado di fornire lo stesso tipo di

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

servizi per imbarcazioni di lunghezza fino a 20÷25 m e 6 hanno mediamente una superficie di circa 3.500 e consentiranno l'insediamento di cantieri di più piccole dimensioni (per imbarcazioni fino a 12÷15 m), rimessaggi, laboratori artigiani e altre attività complementari con la nautica ( falegnamerie, idraulici, elettricisti, arredatori, ecc.).

A parte il lotto più grande, che occupa tutta la porzione occidentale del Distretto, la suddivisione in lotti delle aree del distretto è stata eseguita su tre file: sulla prima fila lato mare sono stati disposti i n°4 lotti destinati ai cantieri per imbarcazioni fino a 35÷40 m, sulla seconda e sulla terza fila sono stati collocati i 4 lotti destinati ai cantieri per imbarcazioni di lunghezza fino a 20÷25 m, mentre i 6 lotti per i cantieri più piccoli sono stati posizionati nella parte posteriore del distretto in adiacenza con la viabilità comunale.

Per l'accesso da terra ai singoli lotti è stata prevista la realizzazione di una viabilità interna che si dirama da Viale Pula, mentre per i parcheggi pubblici, oltre a quelli previsti lungo la viabilità interna, in corrispondenza delle due intersezioni con Viale Pula sono state previste due aree attrezzate a tale scopo.

Ad eccezione dei lotti di minori dimensioni che occupano la porzione più interna delle aree del Distretto, tutti i lotti presentano un affaccio diretto a mare e pertanto oltre ad disporre di una banchina di ormeggio e di allestimento privata potranno attrezzarsi con un sistema di alaggio, varo e movimentazione delle imbarcazioni indipendente. A tale scopo all'interno dell'area del distretto, in posizione baricentrica, è stata prevista la realizzazione di un canale navigabile dragato a quota -3.50 m s.m. largo 50 m e lungo circa 270 m. Nella parte terminale del canale è stata prevista la realizzazione di una banchina lunga circa 40 m e di un bacino per un travel lift di portata utile fino a 100 t, con un piazzale operativo a tergo di circa 2.700 m<sup>2</sup>, che sarà a servizio esclusivo dei 6 lotti di minori dimensioni che non presentano l'affaccio diretto a mare.

La protezione dal moto ondoso dello specchio acqueo prospiciente le aree del distretto è realizzata mediante un molo di sopraflutto (molo Sud) a pianta trapezoidale, banchinato internamente, radicato al molo guardiano di levante del porto canale, e da un molo di sottoflutto (molo Ovest) ad andamento curvilineo radicato al terrapieno dove è prevista la realizzazione del parco di S. Efisio. I due moli sono disposti in modo da riprodurre uno schema di difesa tipico dei porti

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

a bacino e da realizzare una imboccatura di larghezza minima riferita al livello medio marino pari a circa 80 m.

La delimitazione della nuova darsena è completata ad est da una banchina (banchina Est) lunga circa 250 m dotata di un piazzale a tergo di superficie pari a circa 2.1 ha.

Sia il molo Nord che la banchina Est ed i rispettivi piazzali a tergo, secondo le previsioni di P.R.P., oltre a delimitare la nuova darsena, dovranno ospitare i Servizi Ancillari del porto.

Per la realizzazione di tutti i nuovi piazzali a mare (piazzale di riva del Distretto, piazzale banchina Est e piazzale molo Sud) è previsto l'utilizzo dei materiali provenienti dai dragaggi da eseguire in ambito portuale così da ridurre i volumi in esubero dei dragaggi previsti nel vigente P.R.P. del porto di Cagliari che non potendo esser collocati all'interno di vasche di colmata disponibili dovrebbero essere sversati a mare,.

Lungo il molo guardiano di levante del porto canale, immediatamente a sud dell'intersezione del nuovo molo Sud, è stata prevista inoltre l'apertura di un varco di circa 80 m per la realizzazione di un accesso indipendente per imbarcazioni dirette alla nuova darsena che quindi non dovranno impegnare l'imboccatura del porto canale che rimarrà riservata esclusivamente al transito delle navi commerciali.

La quota di progetto dei fondali della nuova darsena e del relativo canale di accesso è pari a -5.00 m s.m., mentre quella del canale interno, che verrà utilizzato da imbarcazioni più piccole (fino a 25 m di lunghezza), è pari a -3.50 m s.m.

La configurazione delle opere a mare, compreso il canale interno di navigazione e l'apertura del varco di accesso lungo il molo guardiano di levante, è stata oggetto di un'Adeguamento Tecnico Funzionale del P.R.P. del porto di Cagliari sul quale la III Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nel corso dell'adunanza del 21 settembre 2011 con voto n° 106/2011 ha espresso parere favorevole.

Come previsto nel disciplinare di gara il progetto generale del Distretto e delle opere di protezione descritto in precedenza è stato suddiviso in due lotti funzionali: Opere a Terra ed Opere a Mare.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

Infatti per il progetto delle Opere a Terra, che riguarda solo le opere di urbanizzazione primaria del Distretto (viabilità e impianti) mentre all'interno dei lotti è previsto solo lo scotico superficiale e lo spianamento alla quota di imposta del pacchetto di pavimentazione, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con nota prot. DSA-2008-0032270 del 11/11/2008 ha disposto l'esclusione dalla Valutazione di Impatto Ambientale e quindi, una volta approvato dall'Organo Tecnico, potrà essere immediatamente appaltabile, mentre il progetto delle Opere a Mare, come indicato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio nella suddetta nota,, deve essere assoggettato alla procedura di VIA.

Il progetto definitivo delle opere a terra è stato già esaminato dalla III Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che lo ha approvato nel corso dell'adunanza del 27 luglio 2011 con voto n° 64/2011, e attualmente sono in corso le procedure di appalto dei relativi lavori.

La presente relazione si riferisce quindi al progetto delle Opere a Mare.

Nei successivi paragrafi si descrivono le caratteristiche delle opere e si riassumono gli studi specialisti svolti..

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

## 2. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE DEI TERRENI

La scelta delle soluzioni progettuali da adottare per la realizzazione delle nuove opere previste nel presente progetto è stata effettuata sulla base dei risultati di una apposita campagna di indagini (sondaggi geognostici + prove penetrometriche continue tipo CPT + prove di laboratorio) eseguita a terra ed a mare nel periodo dicembre 2010 ÷ febbraio 2011 da una società specializzata.

In particolare nelle aree a terra del distretto sono state eseguiti n°4 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a profondità di circa 30 m dal p.c. e n°8 prove penetrometriche C.P.T. spinte fino a profondità di circa 25 m dal p.c., mentre a mare, in corrispondenza del limite della banchina di riva e del limite della banchina interna del molo Sud, sono state eseguite n°4 prove penetrometriche C.P.T. spinte fino a profondità di circa 21 m dal fondale marino.

Durante i sondaggi sono stati inoltre prelevati n°10 campioni dei terreni attraversati su n°6 dei quali sono state eseguite prove di laboratorio di classificazione, edometriche e di taglio diretto.

I risultati della campagna di indagini svolta hanno evidenziato che l'assetto litostratigrafico dell'area di intervento è fortemente influenzata dalla storia paleogeografica dei luoghi in cui si sono succeduti episodi ora fluvio-lacustri, ora marino-lagunari, riconducibili alle oscillazioni eustatiche verificatesi nell'ultimo Quaternario, risentite particolarmente in prossimità delle coste, delle foci fluviali e delle zone di transizione in generale, e a cui si sono sommate le modificazioni prodotte dalle bonifiche operate per "strappare" al mare la fascia compresa tra la costa e l'isolotto di "Sa Illetta" ed in epoca più recente dai lavori di costruzione del porto canale. L'area di intervento costituisce infatti una delle aree di colmata utilizzata ai tempi della costruzione del porto canale per il deposito dei materiali di risulta dei dragaggi eseguiti.

La continua evoluzione del bacino di sedimentazione ha portato alla deposizione di una potente coltre detritica estremamente eterogenea in quanto caratterizzata da continue variazioni sia in senso areale ("eteropie di facies") che verticale: infatti ad un livello discontinuo di sabbie medie e fini più o meno limose carbonatiche [Unità B], seguono limi più o meno sabbiosi frequentemente con abbondante contenuto di paglia marina [Unità C], a loro volta poggianti su alternanza di sabbie fini limose, sabbie medie e grossolane più o meno ghiaiose e ghiaie interessate da

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

una leggera ossidazione in profondità **[Unità D]**. A quota variabile tra circa -14,00 m e -25,00 m sono stati rinvenute livelli di argille limo-sabbiose grigio-verdastre, compatte **[Unità E]**.

Detta sequenza "autoctona" **[Strato B + Strato C + Strato D + Strato E]** nelle aree a terra è sormontata da una coltre plurimetrica di materiali di riporto **[Strato A]** costituiti appunto dai materiali di risulta degli scavi e dei dragaggi eseguiti in passato per la costruzione del porto canale.

In sintesi, sulla base di quanto emerso dalla campagna di indagini, la successione litotecnica dell'areale di sedime – a partire dal piano di campagna – può essere così schematizzata:

#### **AREE A TERRA**

- [A]** Terreni di riporto
- [B]** Sabbie fini limose carbonatiche
- [C]** Limi ± sabbiosi ± argillosi con livelli paglia marina
- [D1]** Sabbie fini limose
- [D2]** Sabbie più o meno ciottolose e ghiaie
- [E]** Argille più o meno sabbiose

#### **AREE A MARE**

- [M]** Melme
- [B]** Sabbie fini limose carbonatiche
- [C]** Limi ± sabbiosi ± argillosi con livelli paglia marina
- [D1]** Sabbie fini limose
- [D2]** Sabbie più o meno ciottolose e ghiaie
- [E]** Argille più o meno sabbiose

I risultati delle prove in situ e di laboratorio hanno evidenziato che si tratta di un complesso che, principalmente a causa della presenza dello strato limoso che specie nella parte a mare presenta livelli con paglia marina, è caratterizzato da valori di "portanza" e di "comprimibilità" incompatibili con soluzioni costruttive del tipo "a gravità" (ad es. cassoni cellulari, massi sovrapposti etc.).

Pertanto per la realizzazione dei nuovi muri di banchina si è optato per una soluzione a palancole con ancoraggio che con questo tipo di terreni risulta essere sicuramente più appropriata. Sono state invece scartate soluzioni con strutture a giorno su pali sia per i problemi connessi al ve-



Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

rificarsi di cedimenti differenziali tra il terrapieno a tergo e la struttura di banchina, che essendo fondata su pali che attraversano gli strati comprimibili e si intestano nella formazione di base non subisce cedimenti, sia per gli elevati costi di manutenzione che contraddistinguono questo tipo di soluzione.

Peraltro allo scopo di migliorare le caratteristiche di resistenza e di portanza dei terreni nelle zone interessate dalla realizzazione dei nuovi banchinamenti, sia per quelli previsti nel presente progetto (banchina di riva e banchine interne del canale interne) che per quelli futuri (banchina est e banchina sud), è stato previsto un esteso intervento di vibroflottazione che riguarderà l'intero strato di sedime poco consistente.

Per quanto riguarda invece la fascia di terrapieno immediatamente a tergo della banchina di riva del distretto è stata prevista l'applicazione di rilevati di precarico.

Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica (v. Elaborati R/02 e R/03).

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

#### 3.1. Distretto della Cantieristica - Banchina di riva

Lungo il fronte lato mare del distretto della cantieristica è stata prevista la realizzazione di una banchina che in corrispondenza del canale interno di navigazione si interrompe per 40 m realizzando appunto l'ingresso nel canale.

La soluzione tecnica adottata per la realizzazione del muro di banchina è del tipo a palancole metalliche con ancoraggio.

La quota di coronamento della banchina è pari a +2.30 m s.m. e coincide con la quota dei piazzali dei lotti a tergo, mentre la quota di progetto dei fondali antistanti, come previsto nel P.R.P. vigente, è pari a -5.00 m s.m.

Per la loro realizzazione è prevista l'infissione fino a quota -13.00 di una fila di palancole metalliche tipo AZ25 lunghe 14.5 m vincolate a quota +0.50 m s.m. mediante una serie di tiranti metallici vincolati a loro volta ad un palancolato metallico infisso a circa 14 m dall'asse del palancolato principale. Le palancole di ancoraggio sono tipo AZ12, hanno una lunghezza di 6.00 m e si estendono tra le quote +1.00 e -5.00 m s.m.

La sezione del muro di banchina è completata da una trave di coronamento di c.a. che lato mare "protegge" le palancole fino a quota -1.00 m s.m. sulla quale è prevista la posa in opera di bitte di ormeggio da 10 t ogni 5 m.

Come evidenziato nel paragrafo precedente a causa della presenza di terreni particolarmente compressibili (limi poco consistenti e limi con livelli di paglia marina) la realizzazione della banchina e del rilevato a tergo si svolgerà per fasi.

In una prima fase lungo lo sviluppo della banchina, su una fascia della larghezza di 25 m, verrà eseguito un intervento di vibri flottazione che interesserà tutto lo strato di terreno poco consistente (spessore medio 3.50 m) e che consisterà nella stesa sul fondale marino di uno strato di materiale di cava (ghiaia/pietrisco da 5-50 mm) di spessore pari a 1 m ed alla successiva realizzazione di colonne di ghiaia disposte a quinconce con un interasse di 2.50 m. Successivamente verrà realizzato un rilevato di lavoro con materiale di cava e si procederà con l'infissione delle palancole del muro di banchina ed alla posa dei tiranti di ancoraggio.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

A questo punto si potrà procedere con l'asportazione della porzione di rilevato provvisorio posta all'esterno del muro di banchina e quindi, utilizzando i materiali di risulta degli scavi e dei dragaggi previsti in progetto, verrà eseguito il riempimento a tergo fino alla quota necessaria per l'applicazione del precarico di progetto (spessore del rilevato di precarico 2.50 m). Per tutta la durata dell'applicazione del precarico (durata presunta 1 mese) il rilevato verrà continuamente ricaricato per compensare i cedimenti che subiranno sia il materiale utilizzato per la sua realizzazione che il terreno di fondazione così da garantire per tutto il periodo di permanenza l'applicazione del carico di progetto.

In questo periodo verrà eseguito il monitoraggio dell'evoluzione dei cedimenti in modo da verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali e studiare eventuali interventi correttivi. A conclusione del periodo di precarica verranno infine eseguite delle prove su piastra così da verificarne gli effetti.

Una volta completati i fenomeni di consolidazione, si potrà procedere con l'asportazione della porzione di rilevato di precarico eccedenti la quota +1.60 m s.m., con la realizzazione dello strato di sottofondazione in misto di cava (spessore 30 cm) e della trave di coronamento di c.a. del muro di banchina.

La stessa procedura di precarica descritta in precedenza verrà applicata anche alla fascia di terrieno esistente di larghezza pari a 20 m misurati dall'attuale linea di riva dove però sarà preceduta da un intervento di scotico superficiale e di spianamento/regolarizzazione a quota +1.90 m s.m.

Per quanto riguarda la pavimentazione del piazzale a tergo dei muri di banchina nel presente progetto, come evidenziato in precedenza, su tutta la fascia di 71.50 m compresa tra il limite della trave di coronamento del muro di banchina ed il limite degli interventi previsti nel progetto delle opere a terra, è prevista solo la realizzazione dello strato di sottofondazione in misto di cava in quanto la realizzazione del pacchetto di pavimentazione sarà a carico dei concessionari dei lotti.

Negli elaborati grafici di progetto, solo a titolo indicativo, sono riportate anche le opere necessarie per la realizzazione dello ship lift per imbarcazioni di lunghezza fino a 70 m previsto per il cantiere di maggiori dimensioni e dei bacini operativi dei travel lift da 600 t previsti per i n°4

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

cantieri che si affacciano sulla nuova darsena. Trattandosi di opere la cui realizzazione è stata prevista a carico dei concessionari non sono state incluse tra quelle previste nel presente progetto.

Per maggiori dettagli sull'opera si rimanda alla relazione geotecnica ed agli elaborati grafici di progetto.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3.2. Distretto della Cantieristica - Canale di navigazione interno

Come evidenziato in precedenza per garantire anche ai lotti posti in seconda e terza fila un accesso indipendente a mare, in posizione baricentrica, è stata prevista la realizzazione di un canale navigabile lungo circa 270 m e largo 50 m con fondale dragato a quota -3.50 m s.m. dimensionato per consentire il passaggio ad imbarcazioni di lunghezza fino a 25 m.

Nel tratto iniziale del canale (Sv. Circa 146 m), che interessa la prima fila di lotti, già dotati di un affaccio diretto a mare, le sponde sono sagomate a scarpata secondo una pendenza 4/3 e sono rivestite con un doppio strato di massi naturali di I categoria così da proteggerle sia dall'azione delle onde prodotte dal passaggio delle imbarcazioni che dal ruscelamento delle acque superficiali, mentre nei restanti 135 m circa, lungo i quali si affacciano i lotti disposti in seconda e terza fila, le sponde del canale verranno banchinate.

Nella sezione terminale del canale è stata inoltre prevista la realizzazione di una banchina operativa, riservata ad uso esclusivo dei lotti di minori dimensioni, lungo la quale, in posizione baricentrica, è stato localizzato il bacino per un travel lift. Visto che per la realizzazione del piazzale operativo della suddetta banchina, previsto nel progetto delle Opere a Terra del Distretto, è indispensabile che siano state eseguite anche le strutture di banchina, la realizzazione di tali opere è stata stralciata dal presente progetto e inserita nel progetto delle Opere a Terra.

Nelle tavole di progetto sono indicati anche i bacini dei travel lift dei lotti della seconda e terza fila dimensionati per consentire l'alaggio ed il varo di imbarcazioni di lunghezza fuori tutto fino a 25 m (travel lift da 300 t), ma anche in questo caso trattandosi di opere di competenza dei concessionari dei singoli lotti non sono state incluse tra le opere previste in questo progetto.

Analogamente alla banchina di riva, anche per la realizzazione delle banchine interne del canale, la tipologia costruttiva scelta è del tipo a palancole con ancoraggio.

La quota di coronamento delle banchine è pari a +2.30 m s.m. e coincide con la quota dei piazzali dei lotti a tergo, mentre la quota di progetto dei fondali antistanti è pari a -3.50 m s.m.

Per la loro realizzazione è prevista l'infissione fino a quota -11.50 di una fila di palancole metalliche tipo AZ25 lunghe 13 m vincolate a quota +0.50 m s.m. mediante una serie di tiranti metallici vincolati a loro volta ad un palancolato metallico infisso a circa 13 m dall'asse del palancola-

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

to principale. Le palancole di ancoraggio sono tipo AZ12, hanno una lunghezza di 5.00 m e si estendono tra le quote +1.00 e -4.00 m s.m.

La sezione del muro di banchina è completata da una trave di coronamento di c.a. che lato mare “protegge” le palancole fino a quota -1.00 m s.m. sulla quale è prevista la posa in opera di bitte di ormeggio da 10 t ogni 5 m.

Anche in questo caso le caratteristiche dei terreni di fondazione ha richiesto l’esecuzione di un intervento vibro flottazione che è stato esteso sull’intero sviluppo delle sponde interne del canale. In particolare nel tratto iniziale dove è stato previsto solo il rivestimento delle sponde del canale, al fine di garantirne la stabilità, l’intervento riguarderà una fascia di larghezza pari a 20 m, mentre lungo lo sviluppo dei tratti banchinati la larghezza della fascia di terreno sottoposta a trattamento è pari a 14 m. L’intervento interesserà tutto lo strato di terreno poco consistente (spessore medio 7.00 m) e si svolgerà attraverso la stesa sul terreno naturale di uno strato di materiale di cava (ghiaia/pietrisco da 5-50 mm) di spessore pari a 1.9 m ed alla successiva realizzazione di colonne di ghiaia disposte a quinconce con un interasse di 2.50 m.

Nel progetto delle Opere a Terra sull’intera superficie del Distretto, e quindi anche nelle aree interessate dalle opere previste lungo le sponde del canale, è già previsto un intervento di consolidamento dei terreni in situ mediante l’applicazione di rilevati di precarica. Pertanto, considerato che la realizzazione delle opere in oggetto inizierà dopo il completamento dei lavori previsti nel progetto delle opere a Terra del Distretto (del quale sono già in corso le procedure di appalto), nei piazzali posti a tergo delle opere previste lungo le sponde del canale non è stato previsto alcun intervento di consolidamento dei terreni in situ.

Analogamente alla banchina di riva per quanto riguarda la pavimentazione delle aree di intervento è prevista solo la realizzazione dello strato di sottofondazione in misto di cava in quanto la realizzazione del pacchetto di pavimentazione sarà a carico dei concessionari dei lotti.

Per maggiori dettagli sull’opera si rimanda alla relazione geotecnica e agli elaborati grafici di progetto.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3.3. Molo Sud e banchina Est

Come evidenziato nelle premesse, allo scopo di aumentare la capacità delle casse di colmata per il contenimento dei materiali di risulta dei dragaggi dei fondali dei porti di Cagliari previsti nel nuovo P.R.P., e di ridurre quindi i volumi di materiali in esubero che non potendo essere collocati all'interno di vasche di colmata dovranno essere sversati a mare, per la realizzazione dei piazzali del molo Sud e della banchina Est è stato previsto l'impiego di materiali provenienti dai dragaggi eseguiti in ambito portuale.

Considerato che i volumi degli scavi e dei dragaggi previsti nel presente progetto sono appena sufficienti per permettere la realizzazione del piazzale a tergo della banchina di riva del Distretto e di una parte, peraltro modesta, del piazzale della banchina Est, nel presente progetto è stata prevista la realizzazione solo della prima fase esecutiva del molo Sud e della banchina Est, che consistono nella realizzazione lungo i rispettivi perimetri degli argini di delimitazione delle due colmate e degli argini interni alle vasche necessarie per la gestione dei sedimenti immessi al loro interno e delle acque di esubero che devono uscire durante le fasi di riempimento, rimandando quindi ad una fase successiva al completamento dei rilevati, da eseguire con i materiali provenienti dagli altri dragaggi da eseguire all'interno dei porti di Cagliari, e la progettazione e la realizzazione delle opere di banchinamento, delle reti tecnologiche e delle pavimentazioni dei futuri piazzali.

In particolare lungo il lato esterno del molo Sud è stata prevista la realizzazione di un'opera a scogliera a sezione trapezoidale, che in pratica costituisce la vera e propria opera di difesa principale della nuova darsena, costituita da un nucleo in tout venant di cava che lato mare è protetto da una mantelata in massi naturali del peso compreso tra 3 e 5 t disposti su due strati secondo una pendenza 2/1. Tra il nucleo in tout venant e la mantellata di protezione è interposto uno strato filtro costituito da massi naturali di I categoria (peso compreso tra 0.2 ed 1 t) disposti su due strati. Superiormente il nucleo ha una larghezza di 6.50 m e perviene fino a quota +1.60 m s.m. mentre i massi costituenti la mantellata esterna pervengono fino a quota +3.90 m s.m.. La sezione tipo dell'opera è completata da un muro paraonde di c.a., sul quale di addossano i massi della mantellata esterna, che insieme alla mantellata esterna completa la protezione nei confronti della tracimazione del moto ondoso.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

Per il dimensionamento della scogliera di protezione della diga di contenimento si è fatto riferimento ai risultati dello studio meteo marino allegato al P.R.P. ed allo studio di propagazione del moto ondoso allegato al presente progetto.

Sulla sommità e sulla scarpata interna del nucleo dell'opera è stata prevista la posa in opera di un tessuto non tessuto da 500 gr/m<sup>2</sup>, che si estende poi su tutto il fondo della vasca, la cui funzione durante le fasi di riempimento della vasca sarà quella di filtro e dovrà trattenere la frazione fine del trasporto solido in sospensione delle acque che dovranno uscire dalla vasca, mentre durante le fasi di consolidazione dei materiali immessi nella vasca e dello strato superficiale limoso compressibile sarà quello di strato drenante così da ridurre i percorsi di filtrazione e conseguentemente i tempi di consolidazione

Lungo il lato interno del molo Sud e lungo la banchina Est è stata invece prevista la realizzazione di un argine trapezoidale in tout venant di cava con la scarpata esterna protetta da in massi naturali del peso compreso tra 0.2 e 1 t disposti su due strati secondo una pendenza 2/1. Tra il nucleo in tout venant e la mantellata di protezione è interposto uno strato filtro costituito da tessuto non tessuto da 500 gr/m<sup>2</sup> Superiormente il nucleo ha una larghezza di 9.50 m e perviene fino a quota +1.60 m s.m. mentre i massi costituenti la mantellata esterna pervengono fino a quota +2.65 m s.m. Al disopra del nucleo è stata inoltre prevista la posa in opera di uno strato di misto di cava stabilizzato granulometricamente di spessore pari a 40 cm così da realizzare un piano viario idoneo a consentire il passaggio dei mezzi d'opera necessari per la gestione/movimentazione dei sedimenti durante le fasi di riempimento della vasca. Anche in questo caso sulla scarpata interna degli argini è prevista la posa in opera di un geotessuto da 500 gr/m<sup>2</sup> che poi prosegue all'interno delle vasche rivestendone l'intera superficie.

Analogamente alla banchina di riva anche lungo l'impronta degli argini della banchina est e della banchina sud, allo scopo di migliorare i terreni dove in futuro dovranno essere eseguite le banchine destinate ai servizi ancillari, prima di proceder con la realizzazione degli argini, verrà eseguito un intervento di vibri flottazione che interesserà tutto lo strato di sedime poco consistente (spessore medio 3.50 m) e che consisterà nella stesa sul fondale marino su una fascia larga 25 m di uno strato di materiale di cava (ghiaia/pietrisco da 5-50 mm) di spessore pari a 1



Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

m ed alla successiva realizzazione di colonne di ghiaia disposte a quinconce con un interasse di 2.50 m.

Le dimensioni delle opere descritte sono state studiate in modo da consentire la loro realizzazione con mezzi terrestri. Infatti la larghezza del coronamento degli argini consente il passaggio contemporaneo dei camion che trasportano i materiali necessari per la loro realizzazione e dei mezzi d'opera (escavatore e gru) che devono provvedere alla sagomatura delle scarpate ed alla posa in opera dei massi costituenti le mantellate di protezione.

All'interno delle vasche delimitate dalle opere descritte in precedenza è stata inoltre prevista la realizzazione di una serie di opere che hanno lo scopo di consentire una corretta gestione delle fasi di riempimento delle vasche stesse. In particolare le vasche sono state suddivise internamente in quattro sottobacini mediante la realizzazione di n°4 argini che oltre a consentire il passaggio dei mezzi d'opera che devono distribuire correttamente i sedimenti sversati al loro interno garantendo una corretta occupazione dei volumi disponibili, svolgono anche la funzione di filtro/sfioro delle acque che devono uscire durante le fasi di riempimento.

Come risulta dalla campagna di indagini sulle caratteristiche dei fondali del porto di Cagliari la quasi totalità del materiale di escavo è costituita da limi, sabbie e ghiaie per le quali potrà essere utilizzata una draga aspirante-refluente munita di disgregatore.

Pertanto in generale il materiale dragato potrà essere trasferito nelle vasche di contenimento previste nel presente progetto per mezzo di impianti di pompaggio galleggianti posizionati all'interno dell'avamposto ed ormeggiati in prossimità della scogliera esterna di delimitazione della vasca del molo Sud.

Come già detto la configurazione della vasca, suddivisa in quattro sottobacini, e i sistemi di comunicazioni previsti tra i vari sottobacini e tra la vasca ed il mare aperto sono stati studiati in modo che durante le fasi di immissione delle miscele di materiale dragato ed acqua, sia garantito sia il deflusso dei volumi liquidi in esubero che la sedimentazione all'interno della vasca stessa della frazione solida della suddetta miscela.

La comunicazione tra i sottobacini (bacino banchina Est, e bacini molo Sud) avviene attraverso gli sfioratori costituiti dagli argini interni. Infine la quarta vasca (vasca di chiarificazione e scari-

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

co) è collegata con il mare aperto attraverso 4 tubi in acciaio DN800 con la quota d'ingresso pari a +0.50 m s.m.m.

La funzione dei primi tre bacini è quella di far sedimentare la maggior parte del trasporto solido in sospensione delle acque pompate dalle draghe. Le portate sfiorate/filtrate dall'argine n°1, che divide le ultime due vasche, e che entrano nella vasca n°4 completeranno all'interno di essa la sedimentazione del trasporto solido ancora in sospensione e poi verranno sfiorate e scaricate in mare attraverso n°4 tubazioni  $\phi$ 800 impostate a quota -1.15 m s.m. con labbro sfiorante posto a quota +0.50 m s.m.

Il riempimento delle vasche verrà iniziato dalla vasca della banchina Est e dal punto di vista idraulico il funzionamento del sistema è il seguente:

1. la miscela di acqua e sabbia viene immessa nella prima vasca;
2. il livello dell'acqua nella prima vasca raggiunge quota +1.00 m (quota coronamento argini interni) e inizia la tracimazione dell'acqua nella seconda vasca (bacino est del molo Sud);
3. il livello dell'acqua nella seconda vasca (bacino est del molo Sud) raggiunge quota +1.00 m e inizia la tracimazione dell'acqua nella terza vasca (bacino centrale del molo Sud);
4. il livello dell'acqua nella terza vasca (bacino centrale del molo Sud) raggiunge quota +1.00 m e inizia la tracimazione dell'acqua nella quarta vasca (vasca di chiarificazione e di scarico);
5. l'acqua, ormai sedimentata, viene restituita in mare aperto attraverso i 4 tubi  $\phi$ 800 previsti lungo il tratto terminale della diga a scogliera.

I labbri sfioranti di tutte le tubazioni di collegamento terminano con un giunto a bicchiere. In questo modo nelle fasi finali di riempimento della vasca, quando la quota di riempimento nella terza vasca supera la quota +1.00 m s.m. e quella della quarta vasca supera quota +0.50 m s.m. le quote di sfioro delle tubazioni potranno essere progressivamente aumentate mediante la posa in opera di semplici tronchetti di tubo dello stesso diametro. In questo modo la funzionalità del sistema di scarico verrà assicurata fino al completamento del riempimento della vasca (quota riempimento +1.60 m s.m.).

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

Le quote di sfioro delle tubazioni sono state definite in modo che il loro funzionamento sia indipendente e che le quote dei livelli marini anche in condizioni estreme (massima sopraelevazione del l.m.m. +0.50 m sul l.m.m.) non interferiscano con il funzionamento delle tubazioni di scarico a mare (quota di sfioro +0.50 m s.m.).

Per maggiori dettagli sull'opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3.4. Molo Ovest

Per garantire alla darsena operativa del Distretto della Cantieristica una adeguata protezione sia dal moto ondoso che “penetra” all’interno dell’avamposto del porto canale attraverso l’imboccatura che dalle onde generate dalle navi in transito dirette alle banchine del porto canale, è stata prevista la realizzazione di un molo di sottoflutto (molo Ovest) ad andamento curvilineo radicato al terrapieno dove è prevista la realizzazione del parco di S. Efisio.

Il molo a scogliera ha origine dal rilevato esistente a circa 110 m dalla sponda che delimita il canale di accesso al porto, dopo un tratto rettilineo in direzione sud-est (Sv.= 200 m circa) devia verso est (circa 46°) e dopo aver percorso un’ampia curva (Raggio= 177.80 m - Sv= 144.26 m) prosegue in direzione est per ulteriori 120 m.

La diga a scogliera è a sezione trapezoidale ed è costituita da un nucleo in tout-venant e da una scogliera di protezione che su entrambe le sponde ha una pendenza 3/2 ed è protetta lato mare da due strati di massi naturali di peso compreso tra 1 e 3 t e lato darsena da due strati di massi naturali di peso compreso tra 0.2 e 1 t. Tra il nucleo in tout-venant e le mantellate in massi naturali è prevista l’interposizione di un tessuto non tessuto da 500 gr/m<sup>2</sup> che svolgerà la funzione di filtro.

Superiormente la sezione tipo della diga ha una larghezza di circa 8.50 m e perviene fino a quota +2.30 m s.m. comprende al suo interno un massiccio di calcestruzzo di larghezza pari a 3.80 m ed altezza pari a 1,20 m, in modo da consentire il transito pedonale, anche ai fini dell’accesso al fanale di estremità.

Per il dimensionamento della scogliera di protezione del molo si è fatto riferimento ai risultati dello studio meteo marino allegato al P.R.P. ed allo studio di propagazione del moto ondoso allegato al presente progetto.

Per maggiori dettagli sull’opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3.5. Apertura varco Molo di Levante

In ottemperanza alle prescrizioni contenute nel voto con il quale il consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha espresso parere favorevole sul nuovo P.R.P. dei porti di Cagliari, al fine di separare, per ovvi motivi di sicurezza della navigazione, il flusso delle imbarcazioni da diporto dirette al Distretto della nautica da quello delle Navi commerciali che frequentano il porto canale, lungo il molo guardiano di Levante, in corrispondenza della deviazione planimetrica presente a circa 480 m dalla radice del molo stesso, è stata prevista l'apertura di un varco di circa 80 m.

Il molo guardiano di Levante è una diga a scogliera costituita da un nucleo in tout venant di cava che lato mare ha una pendenza 2/1 ed è protetto da una mantellata in massi artificiali di calcestruzzo che nel tratto prima della curva dove verrà aperto il varco hanno dimensioni 1.00x1.50x2.00 m<sup>3</sup> mentre nel tratto successivo hanno dimensioni 1.70x1.70x1.70 m<sup>3</sup>, mentre la scarpata interna ha una pendenza 2/1 ed è protetta con massi naturali di II categoria (peso 0.2÷1 t). I massi costituenti la mantellata esterna nel tratto prima della curva pervengono fino a quota +3.70 m s.m. mentre nel tratto successivo raggiungono quota +4.00 m s.m. La sezione tipo dell'opera è completata da un massiccio di coronamento di c.a. largo 6.00 m ed alto 2.20 m impostato a quota +0.60 m, che perviene fino a quota +2.80 m s.m. e che lato mare presenta un muretto paraonde largo 1.00 m che nel tratto prima della curva è alto 0.40 m mentre nel tratto successivo è alto 2.00 m.

Tutti i materiali (massi artificiali, massi naturali, pietrame e tout venant) provenienti dai salpamento dell'opera scogliera esistente necessari per l'apertura del varco verranno utilizzati per la realizzazione del pennello previsto all'esterno del molo guardiano di Levante a fianco del limite sud dell'apertura a protezione della nuova imboccatura portuale.

Per migliorare le condizioni di agibilità della nuova imboccatura in corrispondenza delle due testate del molo esistente è stata prevista la realizzazione di due banchine a parete verticali costituite da cassoncini prefabbricati di c.a con cella assorbente così da ridurre il coefficiente di riflessione dell'opera e l'agitazione ondosa in corrispondenza dell'imboccatura.

La disposizione in pianta dei cassoncini è stata studiata in modo da garantire che i massi costituenti le mantellate di protezione delle scarpate del molo a scogliera non invadano il varco di accesso riducendone la larghezza operativa.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

Per maggiori dettagli sull'opera si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

### 3.6. Dragaggi e gestione dei sedimenti

Nel progetto generale è previsto che tutto lo specchio acqueo della nuova darsena ed il canale di accesso vengano approfondito a quota -5.00 m s.m., mentre i fondali del canale di navigazione interno è previsto che vengano approfonditi a quota -3.50 m s.m.

Nel presente progetto è prevista solo la realizzazione della banchina di riva del Distretto della cantieristica mentre la realizzazione delle altre banchine che delimitano la darsena è rimandata ad una fase successiva. Pertanto il dragaggio all'interno della darsena è stato limitato ad una fascia di 100 m prospiciente la suddetta banchina ed ad una fascia di circa 100 m prospiciente il molo ovest.

Come prevista dalla normativa Regionale/Provinciale vigente in materia (v. Linee guida sull'immersione in mare di materiale derivante da attività di escavo, di inerti, di materiali inorganici e manufatti, attività di posa in mare di cavi e condotte - Provincia di Cagliari – Assessorato Ambiente e Difesa del Territorio) è stata eseguita la caratterizzazione dei sedimenti da sottoporre a dragaggio mediante n°2 campagne di indagini delle quali la prima ha riguardato la fascia di 100 m antistante la banchina di riva mentre la seconda ha riguardato la fascia antistante il molo ovest ed il canale di accesso (v. Elaborato R/05 "Caratterizzazione dei sedimenti).

In particolare la fascia prospiciente la banchina di riva è stata suddivisa in n°8 maglie delle quali 7 di dimensioni 100x100 m<sup>2</sup> ed una 50x100 m<sup>2</sup>, mentre la fascia antistante il molo ovest ed il canale di accesso è stata suddivisa in n°5 maglie di dimensioni 100x100 m<sup>2</sup>.

All'interno di ciascuna maglia è stato quindi prelevato un campione di sedime mediante l'utilizzo di un vibro carotiere che ha permesso di eseguire il prelievo di una carota che ha riguardato l'intero spessore da dragare.

I campioni di sedimenti della prima campagna di indagini sono stati poi inviati al laboratorio dell'ISPRA mentre quelli della seconda campagna sono stati inviati al laboratorio dell'Università Politecnica della Marche di Ancona che hanno eseguito le analisi di caratterizzazione chimiche, fisiche e microbiologiche.

I risultati delle analisi di laboratorio eseguite hanno evidenziato che la gran parte dei sedimenti dell'area da dragare è da considerarsi di buona qualità ambientale con prevalente presenza di sabbie.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l.	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE	Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	10	015	DRM	001	-1	GEN

Per quanto riguarda la fascia antistante la banchina di riva solo per il campione dello strato superficiale (primi 50 cm) della carota prelevata nella maglia n°5, immediatamente a ovest dell'imboccatura del canale di navigazione interno, è stata rilevata un concentrazione di composti organo stannici (TPHT e TBT) superiori al valore dell'LCL riportato nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM-APAT, 2007) dovuta molto probabilmente allo sversamento di materiali contenenti composti antivegetativi, mentre per quanto riguarda la fascia antistante il molo ovest ed il canale di accesso ad eccezione della maglia P4 posizionata in corrispondenza dell'ingresso nella darsena, in tutte le maglie è stata rilevata un concentrazione di composti organo stannici (TPHT e TBT) superiori al valore dell'LCL riportato nel "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini" (ICRAM-APAT, 2007) anche in questo caso dovuta molto probabilmente allo sversamento di materiali contenenti composti antivegetativi.

Pertanto l'intero spessore di materiale da dragare nella maglia n°5 della fascia antistante la banchina di riva e l'intero volume da dragare nella fascia antistante il molo ovest e lungo il canale di accesso (volume circa 43.850 m<sup>3</sup>) verrà conferito nella porzione della Cassa di colmata n°2 presente all'interno del terrapieno posto a tergo della sponda ovest del porto canale che l'Autorità Portuale ha già programmato di impermeabilizzare per consentire l'immissione al suo interno di sedimenti marini che necessitano di particolare attenzione. Si tratta di una vasca (denominata CASSA 2 bis) della capacità di circa 230.000 m<sup>3</sup> con fondo naturalmente impermeabile e con le sponde impermeabilizzate artificialmente mediante la posa in opera di un geocomposito bentonitico che la Provincia di Cagliari ha già autorizzato al deposito dei sedimenti marini provenienti dai dragaggi dei fondali del porto con queste concentrazioni di inquinanti (Autorizzazione n.2 del 29 ottobre 2010).

Il dragaggio dei quadranti in questione verrà eseguito prima del dragaggio della restante area utilizzando, come previsto nella suddetta autorizzazione della Provincia, una draga del tipo aspirante, autocaricante e refluyente dotata di disgregatore semovente che, dopo aver caricato i materiali di dragaggio in oggetto, ormeggerà a fianco della sponda ovest del porto canale ed effettuerà il refluento di detto materiale nella vasca di contenimento impermeabile.

Il restante materiale proveniente dai dragaggi verrà invece utilizzato per la realizzazione dei nuovi piazzali del distretto della cantieristica fino al raggiungimento dei volumi necessari a tale



Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

scopo mentre i volumi eccedenti tali fabbisogni verranno refluiti direttamente nella vasca della banchina Est.

Durante le attività di dragaggio e movimentazione dei sedimenti verranno eseguite attività di monitoraggio secondo un piano di monitoraggio che verrà concordato con l'Ente competente per il rilascio dell'autorizzazione.

Per maggiori dettagli riguardo le attività di caratterizzazione dei sedimenti da dragare si rimanda alle relazioni dell'ISPRA e dell'Università Politecnica della Marche di Ancona riportate nell'Elaborato R/05.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale				
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011				
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1

#### 4. CARATTERIZZAZIONE METEOMARINA E DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI DIFESA A SCOGLIERA

Per la caratterizzazione meteomarina del paraggio in oggetto si è fatto riferimento allo studio del moto ondoso eseguito nell'ambito della redazione del nuovo P.R.P. del porto di Cagliari.

Nel suddetto studio dopo la ricostruzione del clima ondoso al largo del Golfo di Cagliari era stata studiata la propagazione verso riva utilizzando il modello Mike21.

Nella tabella di seguito riportata sono sintetizzati i risultati dello studio eseguito.

			AL LARGO		SOTTOCOSTA (-15)	
Tr (anni)	Tm (s)	Tp (s)	MWD (°N)	H (m)	MWD (°N)	H (m)
2	6.81	8.18	138	3.28	147.2	2.45
5	7.59	9.11	138	4.06	148.2	2.75
10	8.06	9.67	138	4.58	148.7	2.85
50	9.01	10.82	138	5.73	149.4	2.96
100	9.39	11.26	138	6.22	149.5	2.99
2	6.81	8.18	120	3.28	137.8	2.37
5	7.59	9.11	120	4.06	140.3	2.67
10	8.06	9.67	120	4.58	141.6	2.78
50	9.01	10.82	120	5.73	143.5	2.90
100	9.39	11.26	120	6.22	144.0	2.93

Tabella 1 – Caratteristiche del moto ondoso (estratta da studio meteo marino PRP)

La serie delle altezze d'onda ricavata nel suddetto studio meteomarina è stata poi utilizzata per lo sviluppo dello studio propagazione del moto ondoso all'interno dell'avamposto del porto canale (modello agli elementi finiti SMS) necessario per la definizione delle condizioni di moto ondoso in prossimità delle nuove opere.

Lo studio (v. Elaborato R/06 "Studio della penetrazione del moto ondoso e della circolazione idrica") ha messo in evidenza la notevole influenza esercitata dalle opere foranee del porto canale sul moto ondoso nella sua propagazione verso la zona dove sono ubicate le opere di difesa della nuova darsena.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

In particolare si rileva una generale attenuazione delle altezze d'onda significative all'interno dell'avamposto dovuta ai fenomeni di diffrazione e riflessione parziale causata sia dalle opere che delimitano il bacino stesso ed ai fenomeni di rifrazione indotti dalle rilevanti variazioni della batimetria dei fondali.

In definitiva in corrispondenza delle due opere di difesa (molo Sud e molo Ovest) si ottengono le seguenti caratteristiche dell'onda di progetto:

	Tr (anni)	Altezza significativa al largo H <sub>so</sub> (m)	Periodo di picco T <sub>p</sub> (m)	Altezza significativa sulle opere H <sub>s,r</sub> (m)
Molo Sud	100	3.00	11.0	2.50
Molo Ovest	100	3.00	11.0	1.50

La profondità al piede di entrambe le opere è pari a 5.00 m pertanto in entrambi i casi l'onda non è limitata dal frangimento.

Il dimensionamento della mantellata delle opere di difesa/delimitazione della vasca è stato eseguito utilizzando un semplice metodo di calcolo deterministico.

Per maggiori dettagli si rimanda all'apposito elaborato allegato al progetto (v. " Calcoli Preliminari delle Strutture").

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

## 5. PIANO DI MONITORAGGIO

Considerata l'importanza dell'opera, gli oneri economici connessi con la sua realizzazione, l'entità delle sollecitazioni in gioco e le relativamente scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione ed i rilevanti cedimenti attesi, il progetto prevede un piano di monitoraggio in grado di controllare che il comportamento delle opere sia rispondente a quanto previsto in progetto. A tal fine, è necessaria l'installazione di un'opportuna strumentazione geotecnica per la misura dei cedimenti dei nuovi terrapieni e le esecuzione di prove in situ per la verifica degli effetti prodotti dagli interventi di consolidamento previsti in progetto.

Il piano di monitoraggio, che riguarderà i terrapieni a tergo della banchina di riva del Distretto, prevede l'installazione in corrispondenza di 4 sezioni principali di n°2 assestimetri a piastra dei quali uno posizionato all'interno del nuovo terrapieno a mare ed uno nella fascia di terrapieno esistente interessata dai lavori in oggetto.

In particolare in corrispondenza di ciascuna delle 4 sezioni di monitoraggio, delle quali n°2 lungo lo sviluppo della banchina di riva a ovest del canale interno e n°2 lungo lo sviluppo della banchina di riva ad est del suddetto canale, gli assestimetri a piastra verranno posizionati in corrispondenza del piano di imposta del rilevato di precarico all'interno di opportuni pozzetti di protezione che ne garantiranno il funzionamento per tutta la durata dei lavori e comunque fino alla fine del periodo di monitoraggio.

Il piano di monitoraggio e le cadenze dell'esecuzione delle misure dovranno tenere conto della sequenza delle fasi costruttive e dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Per quanto riguarda la rete di capisaldi lungo lo sviluppo della trave di coronamento della nuova banchina di riva è prevista la posa in opera di n°8 capisaldi distribuiti in maniera omogenea lungo il suo sviluppo.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

## 6. PREVENZIONE DEI RISCHI IN FASE ESECUTIVA – DISPOSIZIONI

Il D. Lgs. n. 106/09 correttivo del Testo Unico sulla Sicurezza nei cantieri temporanei e mobili D.Lgs. 81/08, sostituisce il D. Lgs. 494/96 (Attuazione direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili, come modificato D. Lgs 528/99) che integrava, per il settore cantieristico, la disciplina della sicurezza nei luoghi di lavoro introdotta con il D. Lgs. 626/94.

In questa fase di progettazione definitiva dell'opera si rileva che i lavori, seppure svolti in buona parte in ambiente marino (art. 89, comma 1, lettera a), verranno realizzati con maestranze e mezzi d'opera operanti sia da mare che da terra. Pertanto si dovranno prevedere, progettare ed attuare tutte le disposizioni di legge previste per i cantieri temporanei di ingegneria civile (opere marittime, allegato X punto 1).

Poiché si ritiene che il cantiere in questione avrà una forza lavoro superiore a 200 uomini-giorni e nel contempo i lavori comportano rischi particolari, in questa fase di progettazione definitiva si segnala che è fatto obbligo al committente, nella fase di progettazione esecutiva dell'opera, designare il coordinatore per la progettazione che dovrà redigere il piano di sicurezza e coordinamento nonché il fascicolo dell'opera per le attività di cantiere attinenti ad eventuali lavori manutentivi da eseguire durante la vita dell'opera.

Nell'elaborato R10 allegato al progetto sono riportate le prime indicazioni e disposizioni per la stesura del piano di sicurezza.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

## 7. PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

L'individuazione del costo delle opere non ha posto particolari problemi, in quanto in generale si è prevista l'utilizzazione di materiali e di modalità esecutive di routine nei lavori marittimi.

Per i prezzi elementari della mano d'opera, dei noli e dei materiali utilizzati nelle analisi, si è fatto riferimento al PREZZARIO UFFICIALE DI RIFERIMENTO per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale della Sardegna, aggiornato al 2009.

Per i prezzi non previsti in suddetto in suddetto Prezzario si è fatto riferimento al PREZZARIO REGIONALE per le opere di competenza delle Amministrazioni dello Stato e degli Enti Pubblici Nazionali nel territorio regionale del Lazio aggiornato al 2009 e della Regione Toscana aggiornato al 2009.

Per i prezzi non previsti in nessuno dei due prezzari di riferimento operato nel seguente modo:

- mano d'opera, noli e trasporti: è stata eseguita un'analisi del prezzo elementare;
- materiali: si è fatto riferimento ai prezzi di mercato.

Relativamente alle modalità di valutazione dei lavori è stato previsto che tutte le singole opere previste nel presente progetto verranno compensate a corpo.

Autorità Portuale di Cagliari	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Dolmen s.r.l. V.D.P. s.r.l. Dott. Geol. Marcello Ghigliotti Dott. Simone Tempesti	Titolo Elaborato: Relazione generale					
Porto Canale di Cagliari Distretto della Cantieristica		Data: dicembre 2011					
PROGETTO DEFINITIVO OPERE A MARE		10	015	DRM	001	-1	GEN

## 8. TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE

Il costo totale delle opere previste è di Euro 25.101.357,47, mentre l'importo degli oneri per la sicurezza ammonta a Euro 502.000,00.

Per quanto riguarda i tempi necessari per l'esecuzione delle opere in oggetto, tenendo conto dei tempi di approvvigionamento dei materiali e di impianto di cantiere, si ritiene che il tempo necessario per l'esecuzione dei lavori previsti nel presente progetto sia pari a circa 24 mesi.