

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

*Autorità di Sistema del Mare di Sardegna
(Autorità Portuale di Cagliari)*



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Provveditorato Interregionale per le OO.PP. Lazio, Abruzzo e Sardegna

Ufficio 10

Sede Coordinata di Cagliari.

*Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro –
I lotto funzionale*

Approfondimenti sulle attività di dragaggio

*(Riferimento nota del 07/10/2016 - prot. n. 3404/CTVA -
nota prot. n. 24731 del 11/10/2016 del Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare)*

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

1. Premessa

Come rappresentato nella presente relazione, per garantire l'operatività dei nuovi ormeggi Ro-Ro è stato previsto il dragaggio a quota -10.00 m s.l.m.m. dello specchio acqueo prospiciente fino al limite del canale di navigazione già scavato a quota -16.00 m s.l.m.m., per complessivi **1.520.000 mc circa**

Inoltre, verrà eseguita una parziale "resecazione" lungo il canale d'accesso, per ricavare il dente di ormeggio n.6, con uno sbancamento di circa 20.000 mc.

[Detta "resecazione" è conforme al PRP che prevede nel Porto Canale l'allargamento del canale d'accesso di circa 70 m con l'arretramento della linea di costa proprio sul lato in cui verrà ricavato l'ormeggio n.6].

I sedimenti provenienti dal dragaggio sono costituiti prevalentemente, come risulta dall'approfondita campagna di indagine geognostica già effettuata, da sabbie sciolte, miste a paglia ed alghe marine, con tritume conchigliare e sabbie limose (calcarenite).

Tutto il materiale ottenuto dal dragaggio (costituito da diversi litotipi perlopiù caratterizzati da terreni di natura limosa e sabbiosa), sarà sversato in opportune zone, possibilmente cercando di separare i materiali "più pregiati" da quelli "poco pregiati". Si realizzerà, pertanto, un argine di divisione con la triplice funzione di separare la zona del banchinamento principale dalle zone di colmata, di separare tra loro le aree di colmata e di delimitare le aree bonificate dalle aree allo stato naturale non dragate (vedasi Tav.24).

In tal modo si renderà possibile differenziare lo sversamento del materiale dragato in zone prescelte, indirizzando i materiali con caratteristiche meccaniche più scadenti (limo con paglia marina) in aree selezionate a terra all'interno delle aree del porto Canale nelle vasche esistenti per circa **900.000 mc**, mentre i materiali migliori dal punto di vista geotecnico (sabbie) nelle aree comprese tra il rilevato di banchinamento e l'argine (o rilevato) di divisione, e parte nelle aree di colmata per circa **620.000 mc**.

In particolare, per i 900.000 mc verranno utilizzate le casse della sponda ovest denominate n.1, n.4 e n.7 aventi una capacità (sulla base di un rilievo eseguito nel maggio del 2012) di ca

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

1.000.000 mc. Qualora una parte dei 620.000 mc dovesse non presentare le caratteristiche meccaniche ipotizzate a seguito delle indagini eseguite, si procederà al deposito nelle predette casse, sino a coprirne l'intera capienza, in accordo con quanto indicato nell'autorizzazione di cui all'art.109 del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. della Provincia di Cagliari – Ufficio Acque.

Con questo procedimento si otterrà una selezione dei materiali di dragaggio volta sia ad ottimizzarne l'utilizzo dal punto di vista progettuale, con conseguente miglioramento del comportamento geotecnico delle aree maggiormente sensibili, che dal punto di vista puramente economico.

2. Qualità dei materiali

Negli anni 2010 e 2011 è stata effettuata un'estesa campagna geognostica con analisi a terra ed in mare, volte a verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni e le possibili soluzioni progettuali da adottare.

A seguito della scelta della configurazione progettuale definitiva, approvata dal Consiglio Superiore dei LL.PP. con voto n.20 del 11/12/2015 sull'adeguamento tecnico funzionale del PRP per l'avamposto ovest, nell'ottobre del 2014 si è proceduto alla caratterizzazione fisica, chimica, microbiologica ed ecotossicologica dei materiali da dragare col 1° lotto funzionale dell'intervento secondo le indicazioni del manuale Apat – Icram.

Le analisi sono state effettuate dal Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata "G. Bacci" (CIBM) di Livorno.

La supervisione e validazione delle analisi è stata effettuata dall'ISPRA per la determinazione di metalli, granulometria e saggi biologici. Il resto delle analisi, sul totale dei campioni, sono state effettuate da AAMPS (Azienda Ambientale di Pubblico Servizio), sempre di Livorno, che in quanto Ente Pubblico non necessita di un validatore.

Il piano dei campionamenti è stato concordato con la Provincia di Cagliari – Ufficio Acque (nota A.P. del 03/19/2012 – prot. n.6282/12 e nota Provincia del 16/10/2012 – prot.

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

n.7349/12), cui con nota del 13/05/2015 (prot. n.4013/15) è stato trasmesso il report definitivo contenente i risultati delle analisi effettuate, ai fini dell'ottenimento dell'autorizzazione di cui all'art.109 del D.Lgs 152/06.

A seguito di ulteriore richiesta della Provincia per il rilascio dell'autorizzazione di cui sopra, è stata effettuata da CIBM una valutazione dei risultati contenuti nel succitato report alla luce della recente normativa (DM 173/2016).

I materiali ricadono quasi completamente nella classe A, alcune maglie nella classe B ed una sola maglia (per lo strato superficiale – campione P10) ricade nella classe C (“Immersione in ambiente conterminato in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento incluse le attività di “Capping” all'interno dell'area portuale”).

Pertanto, il deposito dei materiali come sopra indicato e come contenuto nell'autorizzazione della Provincia è perfettamente compatibile con i risultati delle analisi.

3. Fasi costruttive e dragaggio

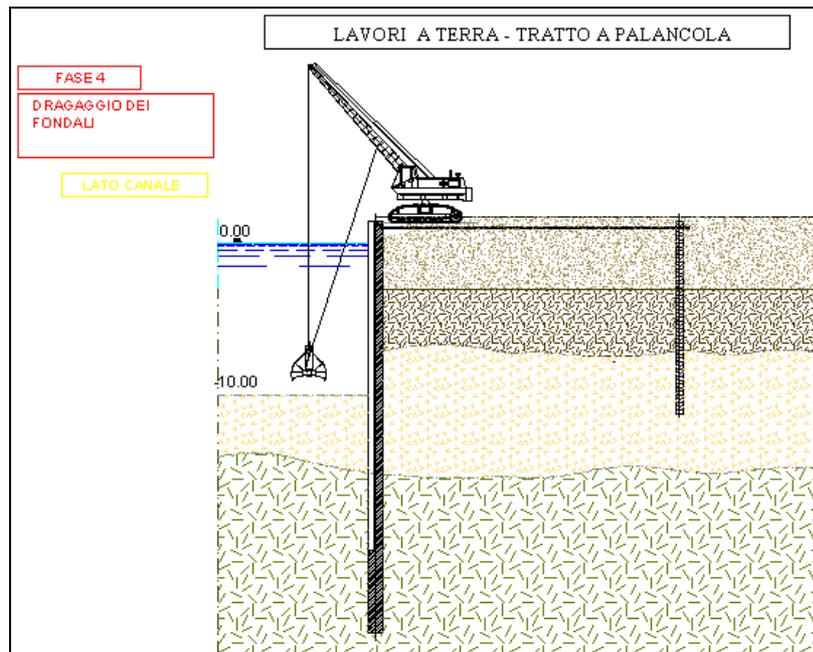
La campagna di indagini svolta ha evidenziato la presenza nelle aree interessate dai lavori di terreni compressibili. Pertanto, sono state previste opportune modalità costruttive delle opere. Poiché parte del banchinamento verrà realizzato “a mare”, le modalità operative in questa zona saranno differenti rispetto a quelle previste per le opere “a terra”.

Per le **opere a terra** si procederà nel seguente modo:

- 1) Scoticismo e sbancamento per la preparazione del piano di imposta delle palancole;
- 2) Infissione delle palancole e dei tiranti in acciaio con quota sommitale di + 1.00 m s.l.m.m.;
- 3) Salpamento della scogliera esistente e scavo della zona fronte palancolato lato mare fino alla quota del medio mare, con sistemazione del materiale nelle aree di cantiere.
- 4) Dragaggio dei fondali fino alla quota prevista in progetto;

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	--	---

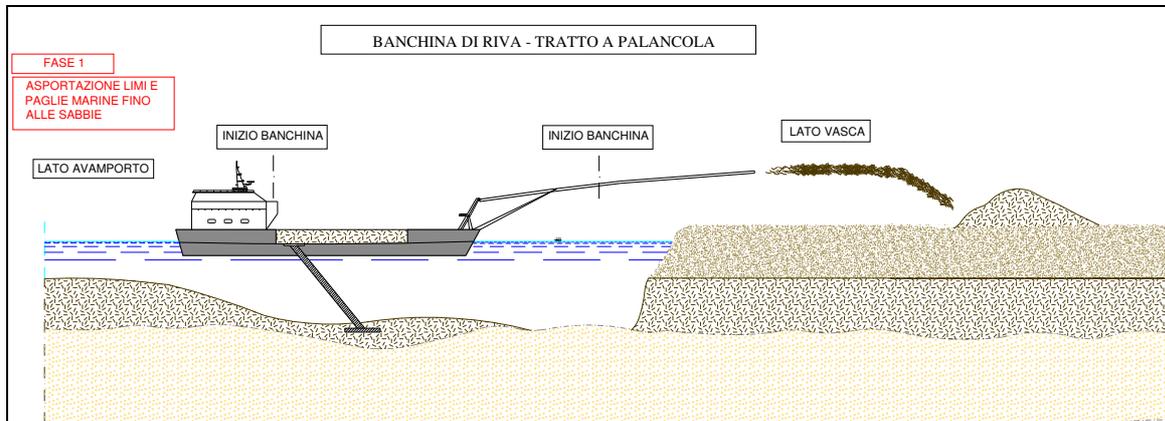
- 5) Realizzazione della sovrastruttura di banchina, e della pavimentazione del dente di attracco e delle parti retrostanti.



Per ciò che riguarda le opere a mare la sequenza costruttiva delle banchine di attracco e delle scogliere dovrà essere la seguente:

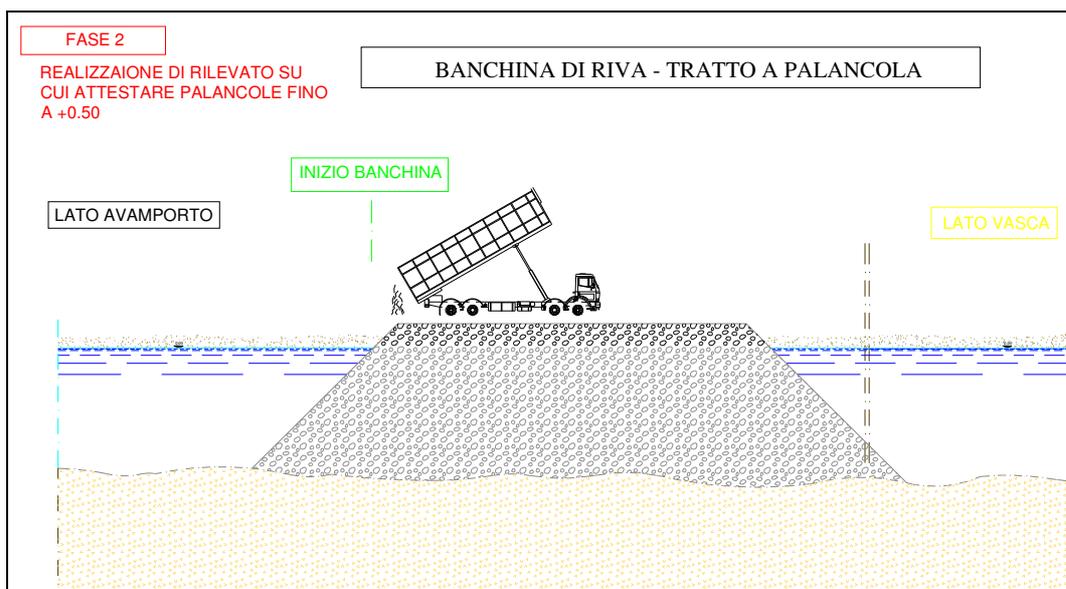
- 1) Bonifica dei fondali delle zone in cui sarà realizzata la banchina di riva ed i retrostanti piazzali, con l'asportazione del materiale limoso e paglia marina, per uno spessore compreso tra i 3,00 e 4,00 m dal l.m.m.. Lavorazione che dovrà essere eseguita con mezzi effossori adeguati (**Draga aspirante refluyente o draga con grappo e deposito in betoline**). Il materiale asportato sarà trasportato, come indicato nelle premesse al presente prf, nelle zone previste a tergo dei piazzali, o all'interno delle vasche di colmata del porto canale.

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	--	---



Si rappresenta, tuttavia, che in sede di gara è fondamentale, per ottenere offerte favorevoli, lasciare la scelta della tipologia di draga all'appaltatore che in tal modo può sfruttare le offerte del mercato pur nei limiti delle prescrizioni imposte in sede autorizzativa per il rispetto dell'ecosistema marino.

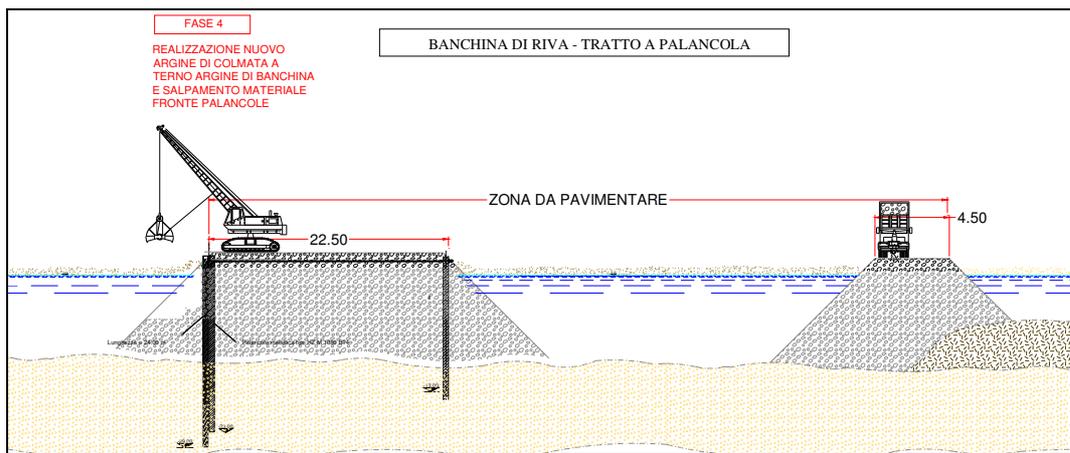
- 2) realizzazione del rilevato del corpo banchina in materiale scelto (tout-venant) nella zona precedentemente bonificata, fino alla quota di + 0,50 m s.l.m.m. per una larghezza, in sommità, pari alla distanza tra le due palancole;



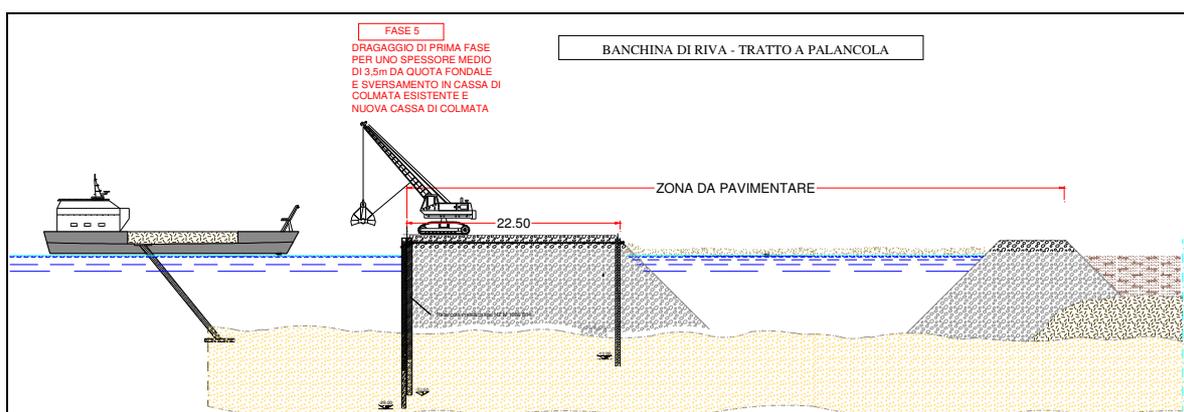
- 3) Infissione delle palancole, sistemazione dei tiranti e ricarica per effetto dei cedimenti di 1° fase.

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	--	---

- 4) Realizzazione a tergo della zona da banchinare del nuovo argine di colmata, fino alla quota di + 0,50 m s.l.m.m. per una larghezza, in sommità, di 4,50 m. Salpamento del materiale, lato mare, fronte palancole precedentemente sversato (tout-venant), e suo riutilizzo per il nuovo argine di colmata;



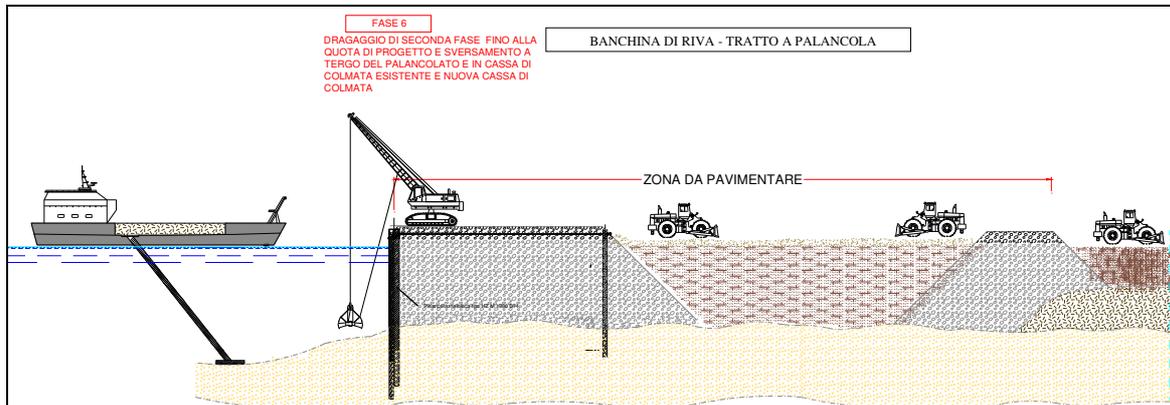
- 5) **Dragaggio di prima fase** per uno spessore medio di 3,50 m. da quota fondale (fino a raggiungere le sabbie) e sversamento del materiale limoso nelle casse di colmata esistente nelle aree del porto canale, ovvero nella nuova cassa di colmata, con spandimento e distribuzione onde evitare zone di accumulo con diversa granulometria del materiale ;



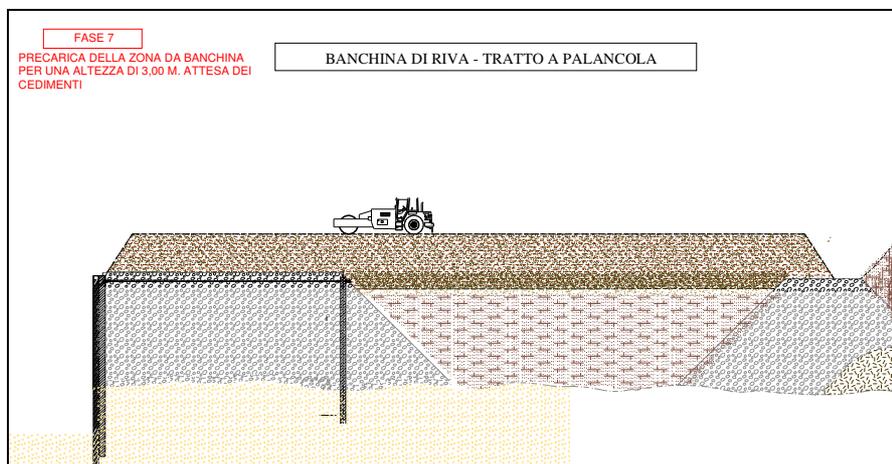
- 6) **Dragaggio di seconda fase** fino alla quota prevista in progetto per il fondale sversamento del materiale sabbioso tra la zona delle palancole ed il nuovo argine della cassa di colmata previo spandimento e distribuzione al suo interno onde evitare zone di accumulo con diversa

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	--	---

granulometria del materiale, il materiale in esubero sarà sversato nelle casse di colmata esistenti nella sponda ovest del porto canale;

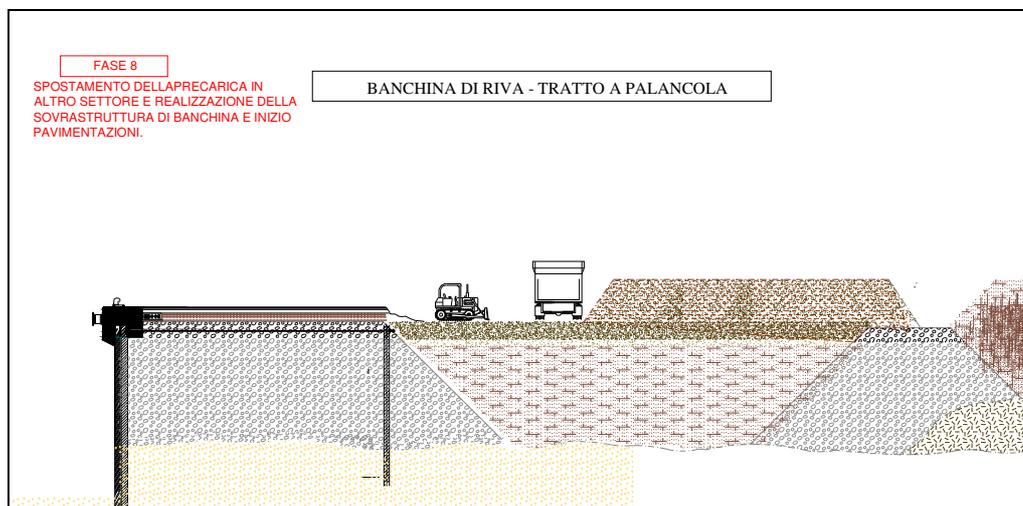


7) Precarica della zona di banchina e del piazzale retrostante (2° fase), per uno spessore variabile da 2,00 a 3,00 m. secondo le indicazioni degli elaborati progettuali e fino all'esaurimento dei cedimenti;



8) Realizzazione della sovrastruttura di banchina e della pavimentazione del dente di attracco e dei piazzali retrostanti;

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	--	---



Il materiale dragato, in eccesso, sarà collocato a terra, direttamente dal sistema di dragaggio prescelto o dalle bette di appoggio delle draghe, e verrà quindi trasportato nella casse individuate con un trasporto su gomma (camion con cassone ribaltabile o scarrabile a tenuta).

Il sedimento, al fine di velocizzare le operazioni e di renderlo palabile, potrebbe anche essere stoccato provvisoriamente a terra in un'area appositamente individuata. Oppure, l'Impresa (ciò dipende dall'organizzazione della propria attività lavorativa che deciderà) potrebbe prevedere, se economicamente conveniente, un sistema mobile per lo stoccaggio temporaneo dei sedimenti rimossi.

L'area di sversamento, ricadente nelle aree di competenza dell'Autorità Portuale, disponibile per l'accumulo del materiale, in prossimità della zona d'intervento, è quella a tergo dell'argine di colmata che presenta una superficie complessiva pari a circa 41.500 mq +31.000 mq (vedasi Tav.24).

4. Attività di dragaggio

In sintesi l'intervento prevede il semplice dragaggio dei fondali, fino alle quote previste in progetto (vedi tavole progettuali), ed il conferimento dei materiali in eccesso alle vasche di colmata interne al porto canale.

Lo schema delle attività di escavo può essere schematizzato in tre fasi:

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

- Fase 1 - Attività del dragaggio dei fondali mediante idonea tecnica di dragaggio (meccanica o idraulica) secondo le fasi precedentemente illustrate;
- Fase 2 - Utilizzo dei materiali provenienti dal dragaggio, ritenuti idonei per caratteristiche meccaniche, nella realizzazione dei nuovi piazzali;
- Fase 3 - Deposito dei materiali dragati nella casse a tergo delle nuove banchine e successivo trasporto del materiale, in eccesso, nelle vasche di colmata della sponda ovest. Eventuale deposito temporaneo del materiale nelle aree di cantiere poste in adiacenza allo specchio acqueo e/o in piccola vasca di raccolta, per il successivo trasferimento alle vasche di colmata nell'ambito del porto canale.
- fase 4 - Verifica di fondo scavo da eseguirsi limitatamente alla zona oggetto del dragaggio;

Nello schema sopra riportato, le fasi 1 - 3 vengono ripetute ciclicamente fino al completamento del dragaggio di progetto. Questo procedimento prevede che il materiale in eccesso, proveniente dagli escavi, venga conferito alle vasche di colmata della sponda ovest del porto canale, così come autorizzato dalla Provincia di Cagliari, e che, temporaneamente, al fine di velocizzare le operazioni e di renderlo palabile, potrà essere depositato in idonee aree di cantiere. Infatti, l'eventuale deposito del materiale risulta necessario quanto meno per renderlo idoneo al trasporto alle vasche con l'utilizzo di mezzi terrestri appropriati.

La necessità di allontanare con continuità il materiale dragato dalle aree di cantiere deriva dal fatto che queste aree, a causa della loro limitata superficie, non consentono lo stoccaggio di tutto il materiale. Conseguentemente i tempi di esecuzione dei dragaggi e il conferimento alle vasche condizionano il tempo globale di realizzazione dell'intervento.

5. Tecniche di dragaggio e dei sistemi di dragaggio

Le due tipologie di dragaggio che possono essere adottate sono di tipo meccanico e di tipo idraulico.

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

Ci si limita ad evidenziare che il *dragaggio di tipo meccanico* consente di prelevare il materiale dal fondo marino senza aumentare, in modo rilevante, il contenuto d'acqua dello stesso, mantenendo quindi i quantitativi di acqua a valori minimi. Ovviamente questo tipo di dragaggio, può essere eseguito con vari sistemi e trova il suo campo d'impiego ottimale nel settore dei dragaggi in presenza di terreni incoerenti.

Il dragaggio di tipo idraulico, a differenza di quello meccanico, causa una rilevante diluizione della frazione solida dragata, che risulta in generale maggiore per le frazioni granulometriche di dimensioni maggiori (ghiaie e roccia disgregata) e minore per le frazioni granulometriche di dimensioni minori (sabbie, limi e argille). Ovviamente l'elevato contenuto d'acqua della miscela solido-liquido ottenuta con il processo di dragaggio, richiede, nella fase di stoccaggio, la separazione dell'acqua dalla matrice solida e l'eventuale trattamento dell'acqua. In generale, questo tipo di dragaggio può essere impiegato indifferentemente sia in presenza di terreni coerenti sia in presenza di terreni incoerenti. A seconda dei tipi di terreni (parzialmente coerenti e/o coerenti) sulla testa dragante si dispone un idoneo disgregatore, le cui caratteristiche variano al variare delle caratteristiche meccaniche del materiale da disgregare.

- **Dragaggio di tipo meccanico**

Le draghe di tipo meccanico utilizzano forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti, minimizzando la quantità d'acqua rimossa insieme al sedimento. Sono solitamente utilizzate in accoppiamento con bette di appoggio per la raccolta ed il trasporto del materiale. Sedimenti di tipo coesivo dragati con questo sistema rimangono intatti, con densità prossima a quella del materiale in situ. Le principali tipologie di draghe meccaniche sono:

- le draghe a benna o a cucchiaio (*BackHoe Dredgers – BHD*), costituite principalmente da escavatore idraulico convenzionale montato su pontone; il materiale viene rimosso dal cucchiaio dell'escavatore e successivamente sversato in una betta di appoggio, opportunamente affiancata alla draga, o sul cassone del pontone stesso.
- le draghe a benna mordente o a grappo (*Grab Dredgers – GD*), costituite da gru di tipo convenzionale con cavo e grappo montate su pontone; il materiale viene scavato dal

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

grappo e poi sversato mediante movimento rotatorio del braccio della gru all'interno di una betta di appoggio, opportunamente affiancata al pontone, o sul cassone del pontone stesso.

Per i sistemi di rimozione meccanica il grado di riempimento della benna o del cucchiaio è un fattore determinante per la buona riuscita del processo di minimizzazione degli impatti ambientali: non deve essere né eccessivo, per evitare fenomeni di perdite di materiale, né basso, per evitare un elevato contenuto d'acqua nel materiale che crea difficoltà di gestione del materiale nelle fasi successive del processo.

La torbidità causata da BHD è dovuta principalmente a: risospensione del sedimento nel momento in cui la benna tocca il fondale, lavaggio del materiale attaccato alla benna e perdita di materiale dalla benna nel momento della risalita del cucchiaio.

Durante il dragaggio con una draga tradizionale a grappo la torbidità può essere causata, oltre che dai motivi già citati per il BHD, dalla fuoriuscita del materiale dragato dal grappo non perfettamente chiuso, nel movimento dal fondo verso la superficie, o dall'apertura posta sulla sommità del grappo. Gli interventi possibili per contenere la torbidità consistono sostanzialmente nell'adozione di una benna a chiusura ermetica o nell'uso di una benna idraulica, le cui azioni di apertura e chiusura possono essere monitorate.

Tabella Tassi di produzione indicativi delle draghe di tipo meccanico

Tipologia di draga meccanica	Tasso di produzione
<p>Benna manovrata da pontone (con la benna di dimensioni maggiori)</p>	<p>comunemente 500÷700 m³/d (fino a 500 m³/h)</p>
<p>Benna a grappo ne esistono di dimensioni ragguardevoli</p>	<p>Limitato (comunemente 500÷700 m³/d (con produzione di 1000÷2000 m³/h)</p>

Bisogna infine aggiungere che i sistemi di dragaggio di tipo meccanico necessitano generalmente dell'accoppiamento con un sistema di bette per il trasporto dei sedimenti su acqua.

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

- **Dragaggio di tipo idraulico**

Le draghe di tipo idraulico sollevano ed allontanano idraulicamente, mediante pompaggio, il materiale rimosso, costituito da fango (miscela di sedimento ed acqua). Il trasporto al sito di scarico avviene mediante tubazioni o per trasporto diretto ad opera di draghe dotate di pozzo di carico o tramite bette di appoggio. Il materiale dragato, che ha perso l'originaria densità in situ, viene così sversato nel sito di scarico unitamente ad una grande quantità d'acqua. Le principali tipologie di draghe di tipo idraulico sono:

- - draghe aspiranti stazionarie (*Stationary suction Dredgers – SD*), costituite da ampio pontone da cui viene calata la tubazione aspirante, su cui è montata un'apposita pompa; il materiale viene semplicemente aspirato, unitamente ad acqua, e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o sversato in apposite bette di appoggio;
- - draghe aspiranti semoventi con pozzo di carico (*Trailing Suction Hopper Dredgers – TSHD*), dotate di tubazione aspirante con apposita testa dragante trascinata sul fondo al muoversi della draga; il materiale sul fondo, rimosso dalla testa dragante al suo passaggio, viene aspirato nella tubazione mediante una pompa centrifuga, unitamente ad acqua di trasporto, ed accumulato nel pozzo di carico, finché quest'ultimo non è completamente pieno.

Esistono, inoltre, draghe che effettuano una rimozione di tipo combinato meccanico (disgregazione del materiale) ed idraulico (sollevamento ed allontanamento); quelle di tipo tradizionale sono rappresentate dalle draghe aspiranti stazionarie con disgregatore (*Cutter Suction Dredgers – CSD*), che disgregano il materiale mediante testa fresante a rotazione; il materiale viene poi aspirato nella tubazione mediante una pompa centrifuga e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o, più raramente, sversato in apposite bette di appoggio.

Da un punto di vista ambientale, le draghe aspiranti stazionarie, pur non producendo una torbidità elevata (causata dal trascinamento della tubazione sul fondale), tendono ad eseguire profili di dragaggio piuttosto irregolari, essendo il processo di aspirazione scarsamente controllabile, e a lasciare in situ una rilevante quantità di sedimento smosso (*spill*).

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

Le draghe aspiranti stazionarie con disgregatore, sebbene in grado di eseguire profili di dragaggio maggiormente accurati, generano una rilevante risospensione dei sedimenti e quindi una elevata torbidità a causa della rotazione della testa dragante, e continuano a lasciare in situ un discreto strato di sedimento smosso e non aspirato dalla pompa centrifuga.

Le draghe aspiranti semoventi con pozzo di carico, meno accurate di quelle con disgregatore, ma migliori in merito alla produzione di spill, non producono torbidità elevata attorno alla testa dragante: la torbidità è infatti connessa con la sola risospensione dei sedimenti a granulometria fina dovuta al trascinamento della testa dragante sul fondale.

Tuttavia, al fine di massimizzare il contenuto solido del carico del pozzo ed aumentarne la densità, il processo di dragaggio viene solitamente prolungato anche a riempimento conseguito del pozzo, provocando la fuoriuscita (overflow) del fango in eccesso, costituito per lo più da acqua molto ricca di solidi in sospensione. Tale modalità di lavoro comporta un notevole aumento dei solidi in sospensione lungo tutta la colonna d'acqua attorno al sito di dragaggio. Ciò comporta ovviamente carichi di fango con densità molto bassa e maggiori costi di dragaggio.

In generale, quindi, si può affermare, che negli escavi con le draghe di tipo idraulico si aggiunge una notevole quantità d'acqua al sedimento rimosso, rendendo più difficoltose ed onerose le successive fasi di gestione del materiale dragato (disidratazione, trattamento delle acque, etc.) ed, inoltre, si ha una elevata torbidità prodotta dalla testa disgregatrice dei CSD e dall'overflow effettuato sui TSHD.

6. Criteri di scelta della tecnologia di dragaggio

Ciascuna delle tipologie di draghe, come si è visto, può essere scelta in base ai seguenti parametri: elevata selettività e precisione nel posizionamento e nel taglio, minimizzazione della perdita di materiale, minimizzazione della produzione di torbidità, ottimizzazione della concentrazione di materiale, sicurezza dei lavoratori.

Nella attività di escavo, in merito alla torbidità, è inoltre necessario adottare alcuni accorgimenti volti ad evitare o minimizzare gli impatti sull'ambiente circostante. Ad esempio, nel caso di dragaggio con sistema meccanico e nelle fasi di trasferimento dei materiali con bette di appoggio, è

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

necessario evitare sia spargimenti di materiale, sia l'eccessivo riempimento dei mezzi (benna, bette, ecc.) al fine di evitare perdite di materiale per carico eccessivo o a causa di incagli sul fondale.

Nel caso di sistemi di dragaggio idraulici, dotati di parti rotanti, è necessario regolare correttamente la velocità di rotazione degli elementi in movimento, affinché la pompa riesca ad aspirare tutto il materiale smosso sul fondale dalla testa dragante ed evitare quindi l'instaurarsi di fenomeni di torbidità.

A ciascuno di tali parametri può essere assegnata una differente priorità in funzione della tipologia d'intervento previsto.

In questo caso particolare, considerato che l'intervento non prevede la movimentazione di materiale inquinato e/o contaminato, vista la qualità dei fondali, la profondità dei dragaggi, la natura delle opere marittime che devono per fasi successive, con operatività differente si ritiene probabile l'utilizzo da parte dell'Impresa di due tipologie di dragaggio: quello idraulico nel dragaggio di prima fase e quello meccanico nel dragaggio di seconda fase.

Si rappresenta, tuttavia, che in sede di gara è fondamentale, per permettere una maggiore competitività ed ottenere offerte economicamente più favorevoli, lasciare la scelta della tipologia di draga all'appaltatore che in tal modo può sfruttare le offerte del mercato pur nei limiti delle prescrizioni imposte in sede autorizzativa per il rispetto dell'ecosistema marino.

7. Misure di mitigazione

Le operazioni di dragaggio devono prevedere adeguate misure di mitigazione degli eventuali impatti. Tali misure devono essere dimensionate sulla base delle caratteristiche ambientali dei luoghi, delle caratteristiche fisico-chimiche dei sedimenti da rimuovere e della metodologia di escavo prescelta. In generale, le misure di mitigazione possono:

- **agire sulla sorgente dei potenziali impatti ambientali:** accorgimenti costruttivi o d'uso delle draghe, prescrizioni sulle modalità di esecuzione delle attività di

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

dragaggio o ad esse complementari, limitazioni temporali delle attività di dragaggio, utilizzo di barriere antitorbidità attorno alla draga, etc.;

- **agire sui possibili bersagli:** limitazioni temporanee d'uso dell'area, barriere antitorbidità a protezione degli obiettivi sensibili, ecc.;
- **riguardare in generale le modalità di gestione e controllo delle operazioni di dragaggio:** pianificazione attenta delle attività e costante controllo delle operazioni, esecuzione di un piano di monitoraggio degli effetti delle attività di dragaggio e dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate, ecc.

Uno degli strumenti più conosciuti di mitigazione degli impatti è l'utilizzo di **barriere fisiche** per limitare la diffusione dei sedimenti movimentati dall'attività di dragaggio associati alla loro frazione fine, individuando un'area di controllo ben definita. Le barriere antitorbidità sono utilizzate per limitare sia l'estensione e la visibilità della nube di torbidità potenzialmente causata dalle attività di dragaggio, sia le potenziali interazioni chimiche acqua-sedimento, grazie alla riduzione del volume di interazione. Esistono diverse possibilità di utilizzo di tali barriere fisiche:

- *inglobamento totale del sistema dragante*, nel caso di sistemi di dragaggio di tipo stazionario;
- *chiusura parziale dell'area di escavo, a valle delle operazioni*, nel caso di flusso unidirezionale della corrente;
- *chiusura totale dell'area di escavo*, solitamente nel caso di utilizzo di draghe di tipo meccanico (benna o grappo), con eventuale realizzazione di un'intercapedine per il passaggio delle imbarcazioni;
- *protezione di un'area sensibile nei pressi delle attività di dragaggio*, nel caso in cui si voglia evitare che i solidi eventualmente risospesi dall'attività di dragaggio raggiungano un obiettivo sensibile (impianti di acquacoltura, popolamenti del precoralligeno o coralligeno, praterie di *Posidonia oceanica*, ecc.).

Le varie tipologie di barriere antitorbidità utilizzate a tal fine possono essere ricondotte a due categorie principali: barriere strutturali e non-strutturali. Viste le caratteristiche dei materiali da dragare e l'area in cui devono essere eseguiti i lavori, saranno utilizzate barriere non strutturali.

8. Barriere non strutturali

<p>Autorità Portuale di Cagliari</p>	<p><i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i></p>	<p>Progetto definitivo Relazione dragaggi</p>
--	---	---

Le barriere di contenimento non-strutturali includono *oil booms*, *silt curtains* e *silt screens*.

Gli *oil booms* vengono solitamente utilizzati in situazioni in cui i sedimenti dragati potrebbero rilasciare residui oleosi, e non servono a contenere la dispersione dei solidi in sospensione. Le barriere denominate *silt screens* sono permeabili all'acqua ed impermeabili ad una frazione del carico di solidi sospesi (ai solidi in sospensione al di sopra di una determinata dimensione dei grani). Le barriere antitorbidità denominate *silt curtains* sono invece completamente impermeabili, sia all'acqua che ai solidi in sospensione. Il vantaggio di utilizzare barriere non-strutturali è dato dal fatto che possono essere facilmente riposizionate nelle nuove aree di lavoro una volta completate le operazioni di dragaggio in un'area. Saranno utilizzate barriere antitorbidità del tipo *silt curtains*.

Un sistema di panne antitorbidità è solitamente composto da una parte emersa galleggiante con funzione portante (barriera) e da una parte immersa con azione di contenimento, opportunamente zavorrata e bilanciata, in modo tale da essere sufficientemente pesante ma da non gravare eccessivamente sugli ormeggi.

L'ormeggio della barriera è uno degli elementi di maggiore criticità: un ormeggio errato può comportare lacerazioni della barriera, con conseguente dispersione dei solidi in sospensione. L'ormeggio deve essere garantito dalla parte emersa del sistema di contenimento, che deve pertanto costituire l'elemento di massima resistenza alle sollecitazioni ed inoltre garantire il galleggiamento anche in presenza di falle. Eventuali giunzioni tra i vari moduli devono garantire la continuità del sistema, ed essere flessibili, resistenti all'abrasione e stabili, in maniera coerente con le sollecitazioni cui il sistema è sottoposto.

Nel caso di sistemi mobili e di fondali a batimetria variabile è opportuno utilizzare barriere la cui parte immersa sia dotata di un sistema che consenta la regolazione del pescaggio della stessa in funzione della profondità del fondale.

9. Stima dei tempi per la realizzazione degli interventi di dragaggio

Come indicato nel cronoprogramma allegato alla progettazione definitiva (All. A.8), sono previsti un "escavo subacqueo – 1° fase" avente durata di 16 mesi e un "escavo subacqueo – 2° fase" avente

Autorità Portuale di Cagliari	<i>Porto canale di Cagliari. Terminal ro-ro – I lotto funzionale</i>	Progetto definitivo Relazione dragaggi
-------------------------------------	--	---

durata di 17 mesi. Complessivamente sono, quindi, previsti 33 mesi, con una contemporaneità di 5 mesi.

Si rappresenta che si tratta di un'organizzazione ipotetica. Sarà, poi, compito dell'Impresa appaltatrice dei lavori presentare, prima dell'inizio dei lavori alla D.L., il programma esecutivo di dettaglio delle attività, compresa quella di dragaggio, con l'indicazione delle modalità organizzative che intende utilizzare.

Il Progettista

Ing. Walter Quarto

