



AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

**Stazione Marittima - Molo Sanita'
Cagliari**

**COMPLETAMENTO DELLA BANCHINA
SUL LATO NORD-EST DEL PORTO CANALE
(Porto industriale di Cagliari)**

| revisione | data | descrizione della modifica |
|-----------|------|----------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

| | | |
|-------------|---|--|
| Elaborato : | PROGETTO DEFINITIVO I LOTTO FUNZIONALE | Data : |
| R001 | | Febbraio 2011 Rev.01: 16.10.2015 |
| | RELAZIONE DESCRITTIVA | Scala : |
| | | |

Progetto :

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Provveditorato Interregionale OO.PP. Lazio-Abruzzo-Sardegna
Sede coordinata di Cagliari

Il Progettista

Dott. Ing. Andrea Botti

Consulenti

SEACON S.R.L.
Dott. Ing. Massimo Vitellozzi

Collaboratore

D.T. geom. Emanuele Fanni

DMS Geotechnical Engineering s.r.l.
Prof. Ing. Fabio Soccodato

Il Responsabile del procedimento
dell'Autorità Portuale

Dott. Ing. Alessandro Boggio

Dott. Ing. Marco Tartaglini

AUTORITA' PORTUALE DI CAGLIARI

**PORTO INDUSTRIALE DI CAGLIARI
COMPLETAMENTO DELLA BANCHINA SUL LATO NORD-EST
DEL PORTO CANALE**

**PROGETTO DEFINITIVO
I LOTTO FUNZIONALE**

RELAZIONE DESCRITTIVA

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSE | 2 |
| 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI I LOTTO FUNZIONALE | 3 |
| 2.1 Caratteristiche delle opere | 3 |
| 2.2 Fasi costruttive | 5 |
| 2.3 Arredi della banchina | 9 |
| 2.4 Pavimentazioni e drenaggi piazzali | 9 |
| 2.5 Impianti | 11 |
| 2.6 Piano di monitoraggio | 12 |
| 3. TEMPO DI ESECUZIONE E COSTO DELLE OPERE | 14 |

1. Premesse

La presente relazione si riferisce al progetto definitivo dei lavori di completamento della banchina sul lato nord-est del porto canale di Cagliari, ed è articolato in un “*Progetto Generale*” ed in un “*Progetto Definitivo di I Lotto funzionale*”

Progetto Generale

Il Progetto generale prevede la realizzazione del nuovo tratto di banchina , la pavimentazione dei piazzali di stoccaggio , per una superficie complessiva di m² 86.116,25 , il dragaggio fino a quota -16.00 m s.m. dei fondali antistanti l’opera; la realizzazione degli impianti idrico potabile, antincendio, fognario, di raccolta delle acque meteoriche del nuovo piazzale, di scarico a mare delle acque meteoriche che precipitano nel piazzale dell’adiacente terminal contenitori che attualmente scarica in un fosso che interferisce con il nuovo piazzale, elettrico e di illuminazione a servizio della intera calata portuale;

Progetto Definitivo di I Lotto funzionale

Nel Progetto Definitivo di I Lotto funzionale , oltre alla realizzazione del nuovo muro di banchina, è stata prevista la pavimentazione del piazzale a tergo esteso su una fascia della larghezza di 25 m misurata dal limite della struttura di banchinamento così da ottenere una fascia operativa misurata dal limite del fronte banchina di circa 65.85 m, e di un’area retrostante di superficie m² 7.380 (piazzale ingresso) ; si prevede inoltre il dragaggio fino a quota -16.00 m s.m. dei fondali antistanti l’opera.

Nel seguito vengono illustrate le opere previste in progetto, le fasi esecutive, il costo delle opere ed i tempi di realizzazione.

Tutti gli elaborati tecnici e tecnico-amministrativi di progetto si riferiscono al progetto del I lotto funzionale mentre nelle tavole grafiche, per completezza di trattazione, sono riportate anche le opere previste nel progetto generale evidenziando i limiti di quelle previste nel presente progetto.

Per entrambi i progetti sono stati eseguiti i computi metrici estimativi delle opere da realizzare.

2. Descrizione delle opere di I Lotto funzionale

2.1 Caratteristiche delle opere

Il progetto riguarda il completamento del banchinamento sul lato nord-est del porto canale di Cagliari. La nuova banchina ha una lunghezza di 317,50 m. ; a seguito della sua realizzazione l'intero lato nord del porto canale e del bacino di evoluzione potrà essere utilizzato per l'ormeggio di navi con elevato dislocamento (fino a 100.000 tdw) servite da gru terrestri di portata fino a 60t a 10m.

La quota di sommità della sovrastruttura è stata prevista pari +2,50 m s.m.m., mentre la quota di progetto dei fondali antistanti le banchine è stata assunta pari a -16.00 m s.m..

La tipologia costruttiva adottata per la realizzazione della banchina consiste di una paratia di contenimento in diaframmi di calcestruzzo armato , con sezione a T di dimensioni m. 2,5 x 2,5 , spessore 80 cm , lunghezza 33,50 m. ; la paratia è vincolata in testa ad un solettone di calcestruzzo armato imbasato su pali verticali, avente la funzione sia di tirante della paratia che di struttura destinata a sopportare i carichi verticali. Il solettone - di spessore costante pari a 0,70 m. - collega la trave di bordo ad una trave di ancoraggio lato terra , posta a m. 34,25 dalla trave di bordo , e fondata su setti in calcestruzzo armato di sezione 2,5 x 0,8 m. e lunghezza 33,50 m. , posti ad interasse pari a 5,0 m .

I pali verticali di fondazione del solettone sono di diametro pari a 0,80 m, disposti a quinconce ad interasse di 5,00 m in direzione parallela al fronte di banchina e a interasse di 2.50 m in direzione ortogonale al fronte di banchina . La lunghezza dei pali è pari a 28,00 m, La nuova banchina ha origine in corrispondenza della sezione terminale della banchina esistente e, mantenendo lo stesso allineamento, si sviluppa per 317,50 m.

Nel progetto è stato previsto di dragare lo specchio acqueo prospiciente le nuove banchine sino a quota -16.00 m s.m.

Si prevede la pavimentazione dell'area posta a tergo della nuova struttura di banchina per una fascia di larghezza 25,00 m , nonché di una ulteriore area retrostante di superficie m² 7.380 (piazzale ingresso); nel dimensionamento della pavimentazione si è tenuto conto dei risultati dell'indagine geotecnica. In particolare al fine di accelerare i processi di consolidazione è stata prevista la predisposizione di un precarico di terra di spessore 3.50 m su tutta la superficie da pavimentare ; ottenuto un sufficiente grado di assestamento si eseguirà la pavimentazione, costituita da uno strato di fondazione di misto granulare , da

uno strato di misto cementato da 35 cm e superiormente da una pavimentazione in masselli di calcestruzzo $s = 10$ cm. posati su letto in sabbia $s = 5$ cm. .

Nella trave di bordo posta a coronamento della paratia è prevista la realizzazione di un cunicolo per il passaggio dei servizi di banchina .

Le bitte, dimensionate per un tiro di 1000 kN , sono poste ad interasse di circa 25 m.

Per il drenaggio delle acque meteoriche è stata prevista la sagomatura superficiale a falde sia della pavimentazione di banchina sia della pavimentazione del terrapieno, con pendenze verso canalette di raccolta e pozzetti con caditoia. Le acque raccolte dalle canalette e dalle caditoie, prima di essere immesse in un canale di scarico, passano attraverso un sistema di trattamento delle acque di prima pioggia costituito da un pozzetto deviatore, un pozzetto separatore fanghi e un pozzetto per la separazione degli oli coalescenti che scaricano a loro volta in due condotte di scarico a mare che corrono ai lati del piazzale in prossimità della recinzione e si immettono a mare in prossimità dei limiti del nuovo banchinamento.

All'interno delle aree del nuovo piazzale, a fianco della recinzione del terminal contenitori esistente, scorre un canale nel quale scaricano i due scatolari della rete di drenaggio delle acque meteoriche del suddetto terminal. Pertanto allo scopo di non limitare la funzionalità del nuovo piazzale portuale è stato previsto il tombamento del tratto terminale del canale che si trova all'interno del piazzale e la realizzazione, in corrispondenza delle sezioni terminali dei scatolari richiamati in precedenza, di manufatti di immissione di c.a.

Nel progetto è inoltre prevista la realizzazione di uno stralcio funzionale degli impianti di acqua potabile, antincendio, elettrico e di illuminazione e la predisposizione delle linee telematica e per fibra ottica previsti nel progetto generale.

Per la deposizione dei materiali di risulta degli scavi e dei dragaggi verranno utilizzate le vasche di colmata esistenti sul terrapieno a tergo della sponda ovest del canale già utilizzate per il contenimento dei materiali provenienti dai dragaggi del canale di accesso al porto e di quelli del primo stralcio funzionale.

Per maggiori dettagli sulle caratteristiche tecniche del progetto si rimanda agli allegati elaborati grafici .

2.2 Fasi costruttive

La campagna di indagini svolta ha evidenziato la presenza nelle aree interessate dai lavori di terreni (limi argillosi e argille limose) compressibili

Pertanto è stato necessario studiare opportunamente le modalità costruttive delle opere.

In particolare la realizzazione delle opere previste per la costruzione del banchinamento del lato sud del bacino di evoluzione del porto canale di Cagliari si svilupperà attraverso le seguenti fasi esecutive:

1. sistemazione dell'attuale superficie topografica per permettere la operatività di cantiere, e rimozione del terreno naturale nella zona da precaricare fino a quota +0.6 m s.l.m. (Fig.1);
2. esecuzione nelle aree da precaricare dello strato di sottofondazione della pavimentazione del piazzale con misto granulare costipato, fino alla quota di imposta dello strato di fondazione in misto cementato (+2,0 m s.l.m.) (Fig.2);
3. rimozione del terreno fino a quota +0,5 m s.l.m nella zona di banchina , e contestuale realizzazione - con lo stesso materiale - nelle aree a tergo da pavimentare del rilevato di precarico in strati costipati fino a raggiungere il peso di volume previsto (quota sommità rilevato di precarico +5.00 m s.m. (Fig.3);
4. realizzazione del diaframma di banchina a T , realizzazione dei setti di ancoraggio , dei pali di fondazione , del solettone di collegamento (Fig.4)
5. esecuzione dell'escavo dello specchio acqueo antistante la banchina sino a quota - 16.00 m s.l.m. (Fig. 5);
6. completamento della banchina e dei piazzali di stoccaggio, con realizzazione delle pavimentazione previa esecuzione dei sottoservizi (Fig.6);

Considerato che la durata teorica di permanenza del rilevato di precarico è di 50 giorni, queste fasi possono essere ripetute per tratti successivi in modo da ottimizzare l'avanzamento dei lavori lungo tutto lo sviluppo della banchina ottimizzando quindi l'impiego del materiale costituente il precarico, con rimozione da un tratto e stesa in quello successivo.

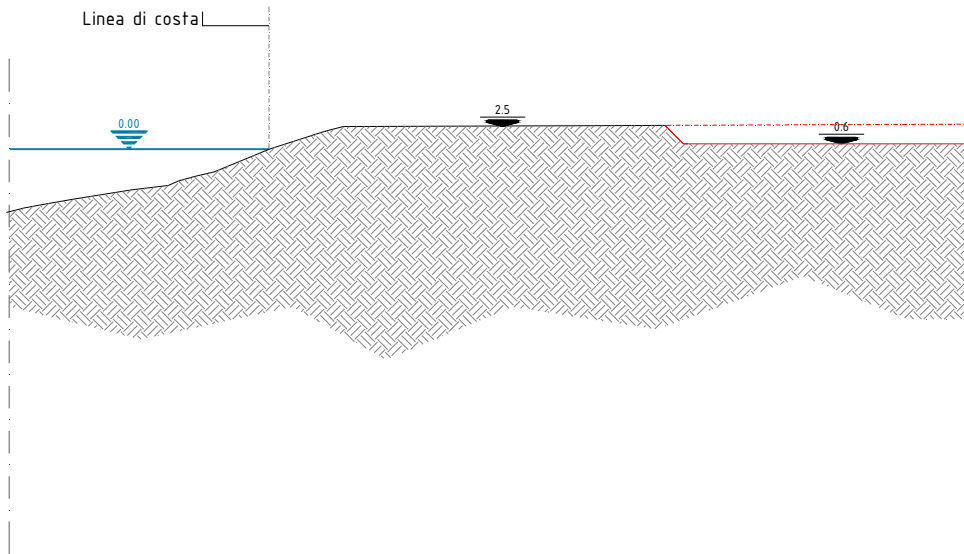


Fig.1 – Fasi costruttive: rimozione del terreno naturale nella zona da precaricare fino a quota +0.6 m s.l.m..

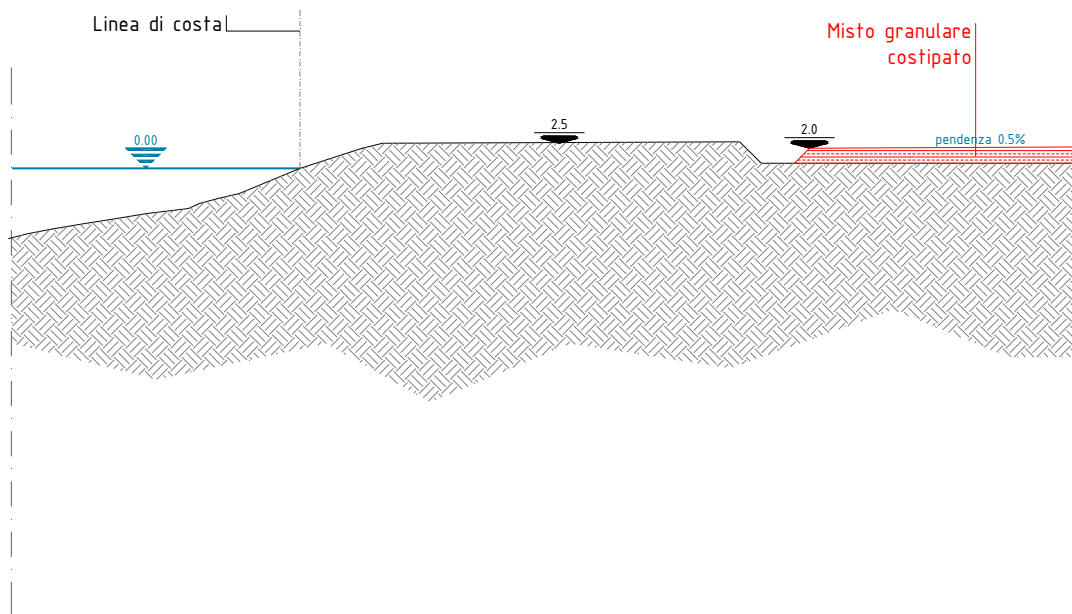


Fig. 2 Fasi costruttive: esecuzione nelle aree da precaricare dello strato di sottofondazione della pavimentazione del piazzale con misto granulare costipato, fino a quota (+2,0 m s.l.m.)

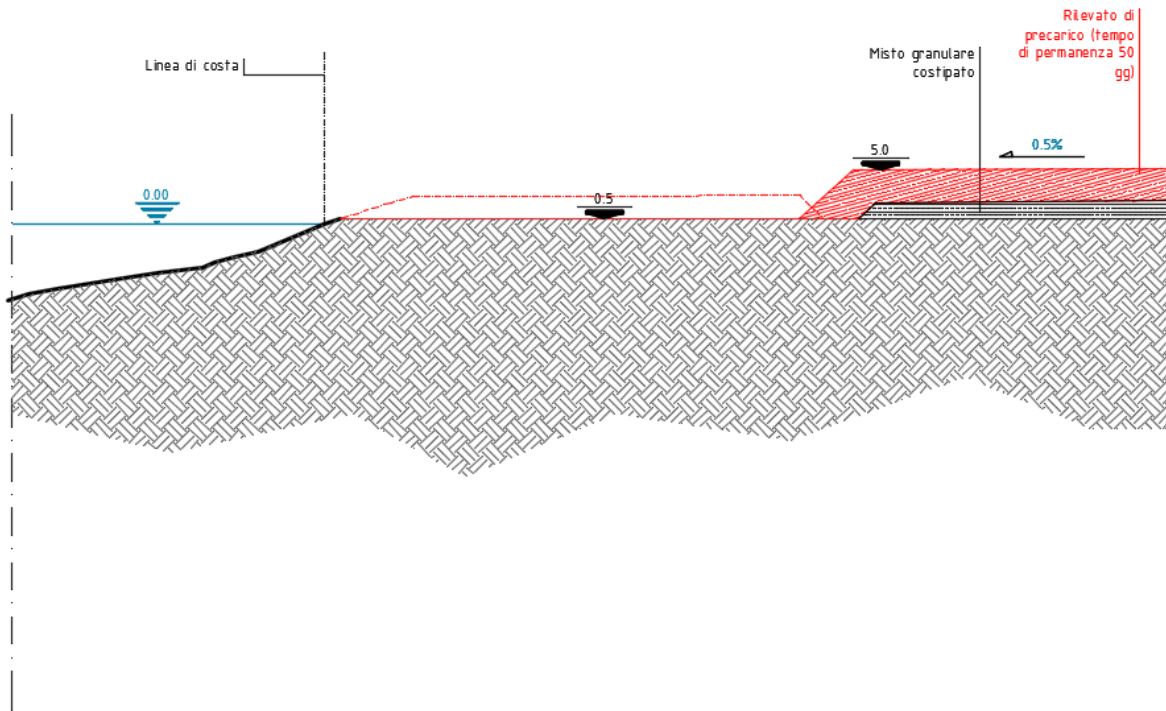


Fig.3 – Fasi costruttive : rimozione del terreno fino a quota +0,5 m s.l.m nella zona di banchina - realizzazione nelle aree a tergo da pavimentare del rilevato di precarico fino a quota (+5.00 m s.m.)

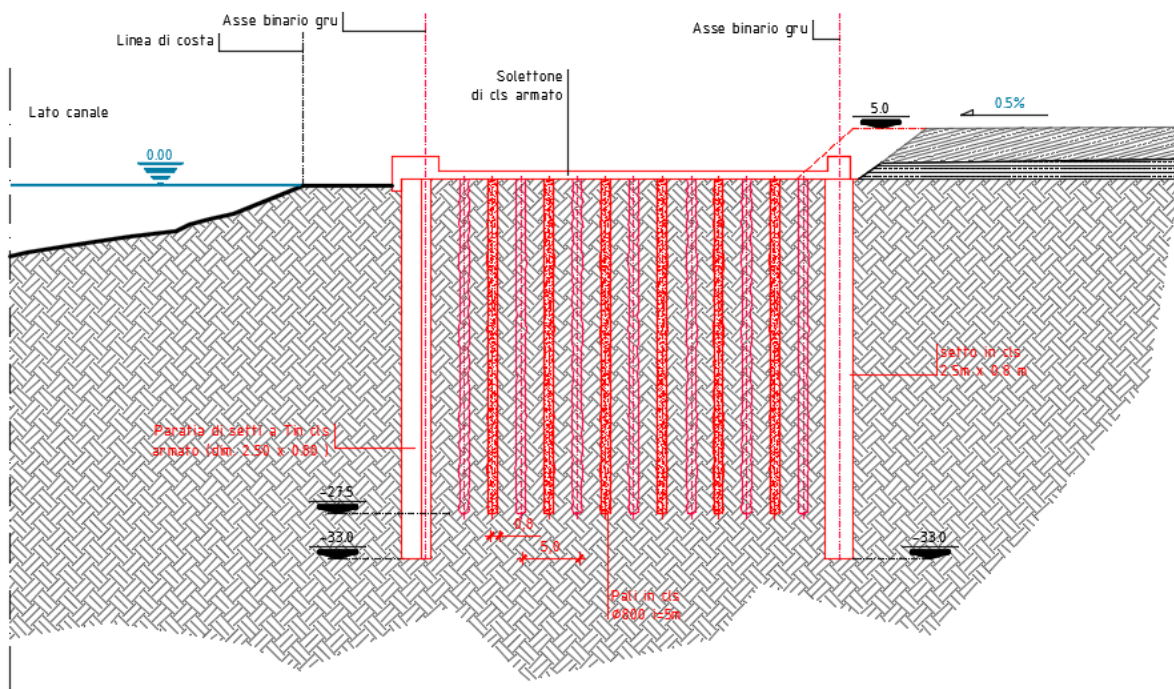


Fig. 4 – Fasi costruttive: realizzazione del diaframma di banchina a T , realizzazione dei setti di ancoraggio , dei pali di fondazione , del solettone di collegamento

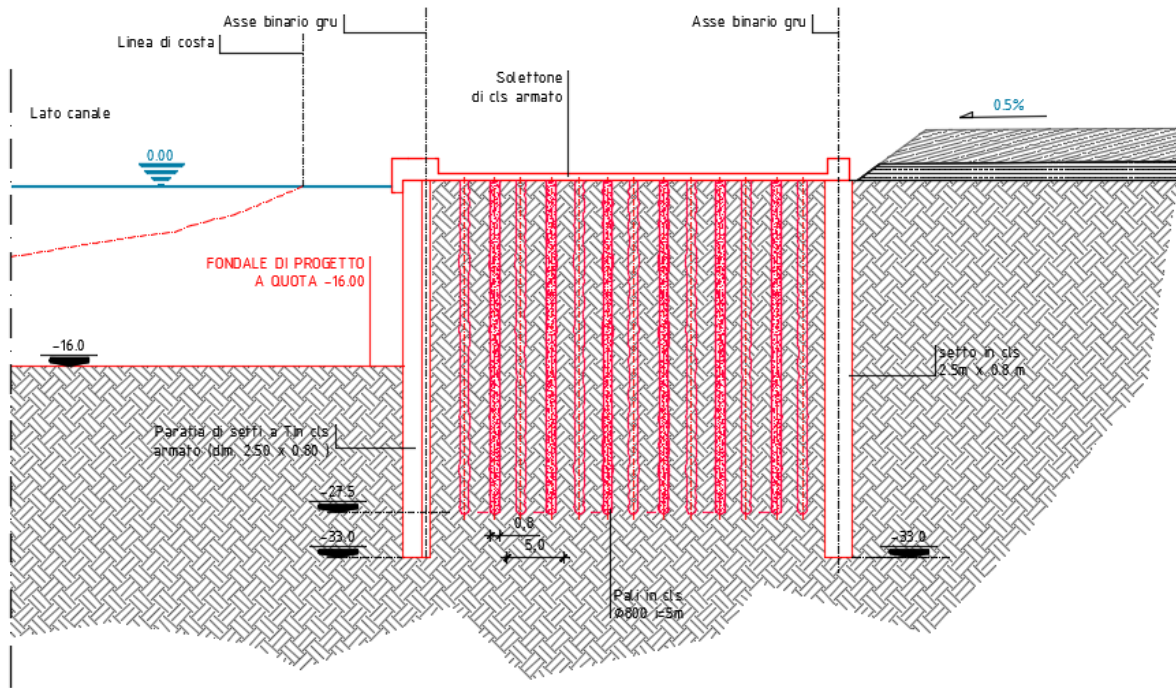


Fig.5 – Fasi costruttive: esecuzione dell'escavo dello specchio acqueo antistante la banchina sino a quota -16.00 m s.l.m.

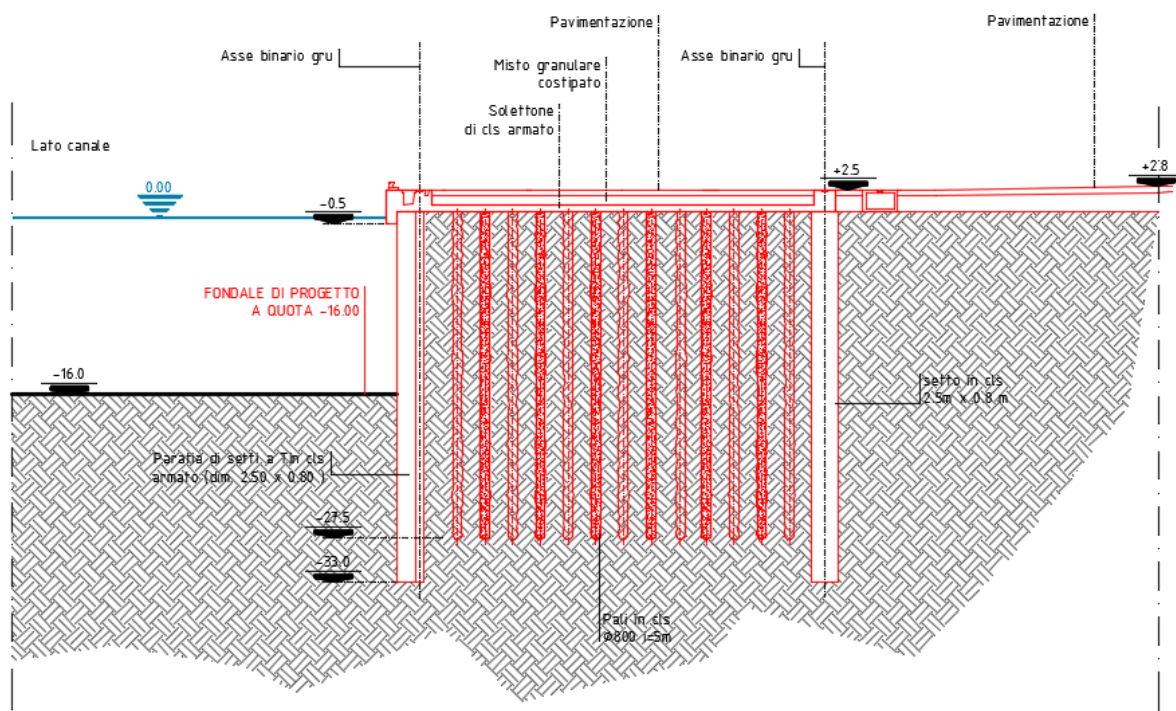


Fig. 6– Fasi costruttive: completamento della banchina e dei piazzali di stoccaggio, con realizzazione delle pavimentazione previa esecuzione dei sottoservizi

2. 3 Arredi della banchina

Le nuove banchine sono dotate dei consueti dispositivi necessari per consentire l'ormeggio delle navi.

In particolare lungo lo sviluppo delle banchina è stata prevista la posa in opera di bitte, dimensionate per un tiro di 1000 kN, con un interasse di circa 25 m, e coppie di parabordi cilindrici $\phi_i 750$ mm, $\phi_e 1500$ mm L= 1500 mm disposti in corrispondenza delle bitte.

Inoltre è prevista la posa in opera di scalette alla marinara di acciaio inox .

2. 4 Pavimentazioni e drenaggi piazzali

Le pavimentazioni sono costituite da uno strato di fondazione di misto granulare , da uno strato di misto cementato da 35 cm e superiormente da una pavimentazione in masselli di calcestruzzo s= 10 cm. posati su letto in sabbia s= 5 cm. .

La pavimentazione dell'area posta a tergo della nuova struttura di banchina per una fascia di larghezza 25,00 m viene realizzata nell'ambito dei lavori di *“I lotto funzionale – banchina e fascia retro banchina”* .

La pavimentazione della ulteriore area retrostante di superficie m² 7.380 (piazzale ingresso) costituisce l'oggetto dei lavori individuati come lavori di *“I lotto funzionale – piazzale di ingresso”*.

Per quanto riguarda il drenaggio delle acque meteoriche è stata studiata una sagomatura delle pendenze ed una rete di raccolta ed allontanamento, per l'intera superficie delle aree pavimentate.

In particolare per il drenaggio delle acque meteoriche del nuovo piazzale, vista la considerevole estensione della superficie delle opere in progetto, si è reso necessario prevedere un'apposita rete di raccolta destinata alla restituzione delle acque piovane direttamente a mare mediante una serie di canalette a griglia continua di c.a., poste in opera con un interasse di circa 45 m., adottando per il piazzale la stessa sagomatura superficiale a falda unica e pendenza media delle falde di circa 0,50 % già impiegata per i piazzali esistenti.

La rete di scarico del nuovo piazzale è costituita da due rami costituiti ciascuno da un collettore principale (denominati Collettore n° 1 e n° 2) con asse longitudinale disposto secondo la massima pendenza del piazzale, in cui riversano le portate di pioggia le cinque +

cinque canalette di raccolta primaria disposte ortogonalmente ad essi e collocati ad interasse pressoché regolare.

Nella parte terminale di ciascuna canaletta è, inoltre, prevista la presenza di un impianto di separazione di materiali pesanti portati in sospensione/trascinamento dalle acque meteoriche ed uno per gli olii portati in sospensione e provenienti da eventuali perdite da parte delle macchine operatrici.

Nella fascia di banchina compresa tra le vie di corsa delle gru, in analogia con il piazzale del terminal contenitori adiacenti, è stata prevista la posa in opera di una serie di pozzetti con caditoia che convogliano le acque pluviali in una tubazione di PEAD DN350 al termine della quale un impianto di trattamento delle acque di prima pioggia.

Oltre alla rete di raccolta e scarico delle portate pluviali raccolte dal piazzale retrostante la nuova banchina, è stato necessario prevedere anche il tombamento del tratto terminale del canale esistente a fianco della recinzione del terminal contenitori esistente che, oltre a drenare le acque del terreno incolti retrostanti, raccoglie anche le acque scaricate dai due collettori principali della rete di raccolta delle acque meteoriche di suddetto terminal (scatolari aventi dimensioni pari a 2,60 x 1,20 m) e le scarica a mare. Tale intervento, che si rende necessario oltre che per garantire la piena operatività del nuovo piazzale anche per mantenere separato lo scarico delle portate pluviali dei piazzali già attualmente operativi, retrostanti l'esistente banchina di attracco, viene realizzato mediante una serie di tubazioni di vibro calcestruzzo armato DN200 mm. In particolare nel progetto generale in corrispondenza dell'ingresso del canale nel nuovo piazzale è stata prevista la realizzazione di un manufatto di c.a., che oltre a raccogliere le acque del canale raccoglie anche quelle dell'altro canale che corre lungo il perimetro est della recinzione del terminal esistente e le convoglia in una tubazione di c.a. DN2000 che corre parallelamente alla recinzione esistente. Dopo circa 120 m la tubazione entra in un secondo manufatto di c.a., che raccoglie anche le acque del primo collettore di scarico della rete di raccolta del terminal esistente, dal quale partono n°2 tubazioni di c.a. DN2000. Dopo altri 80 m circa le due tubazioni entrano in un altro manufatto di c.a., che raccoglie anche le acque del secondo collettore di scarico della rete di raccolta dei piazzali del terminal esistente, dal quale partono n°3 tubazioni di c.a. DN2000 che con percorso mistilineo raggiungono il limite della nuova banchina e si immettono in mare. Nel progetto di I stralcio funzionale è stata prevista solo la realizzazione della quota parte di opere di tombamento del fosso che ricadono all'interno delle aree di intervento ed in particolare il manufatto di immissione del secondo scatolare della rete dei

piazzali del terminal da realizzare a fianco della recinzione di progetto, che in questa fase svolge anche il ruolo di manufatto di immissione del canale esistente, e le tre tubazioni di c.a. che realizzano lo scarico a mare delle acque raccolte, rimandando ad una fase successiva la realizzazione delle altre opere a monte del suddetto scatolare.

2.5 Impianti

Nel presente progetto è stata prevista anche la realizzazione del primo lotto funzionale degli impianti del nuovo terminale marittimo.

In particolare oltre a tutte le tubazioni, cavidotti e pozzetti degli impianti acqua potabile, antincendio ed elettrico previsti nel progetto generale che ricadono all'interno delle aree di intervento, è stata prevista la realizzazione dei due serbatoi di accumulo dell'acqua potabile e dell'acqua industriale antincendio, collegati alle reti consortili, e la fornitura e posa in opera dei gruppi automatici di pressurizzazione previsti per l'alimentazione delle reti interne di distribuzione, in modo da rendere immediatamente funzionale entrambi gli impianti.

Per quanto riguarda la parte elettrica è stata prevista la realizzazione della cabina di trasformazione, che è stata dimensionata per garantire l'alimentazione di tutte le utenze previste nel progetto generale, che viene alimentata in MT dalla rete ENEL mediante un cavo collegato con la cabina ENEL esistente a nord dell'opera progettata ad una distanza in linea d'aria di circa 360 m. Per quanto riguarda le apparecchiature elettriche al suo interno in questa fase è stata prevista solo l'installazione del trasformatore necessario per l'alimentazione di tutte le utenze in BT, comprese quelle future previste nel progetto generale, rimandando ad una fase futura l'installazione del trasformatore necessario per l'alimentazione in MT delle gru di banchina.

L'impianto elettrico previsto in progetto è completato dal quadro elettrico di BT di cabina e dalle linee di alimentazione delle seguenti utenze:

- n°3 torri faro,
- le due stazioni di pressurizzazione degli impianti idrici potabile e antincendio,
- n°6 pali di illuminazione dell'impianto di illuminazione di sorveglianza della recinzione.

Per l'illuminazione della porzione di piazzale prevista in progetto è inoltre prevista la fornitura e posa in opera di n°3 torri faro dell'altezza di m 30 fuori terra con doppia corona mobile ciascuna dotata di n°15 proiettori disposti su 360° ciascuno con n°2 lampade al sodio ad alta pressione da 400 W, mentre per l'illuminazione della recinzione portuale è prevista

la posa in opera di n°6 di pali di vetroresina con altezza fuori terra pari a 12 m con apparecchi illuminanti testa palo stagni con lampade al sodio ad alta pressione da 400 W posizionati con un interasse di circa 60 m.

Infine oltre all'impianto di terra è stata prevista la posa in opera di una coppia di cavidotti di PVC $\phi 125$ con pozzetti di ispezioni ogni 20 m circa destinati ad ospitare in futuro la linea di fibra ottica e la linea telematica.

2. 6 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, 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 e strutturale per la misura degli spostamenti dell'opera e dei cedimenti dei piazzali a tergo dell'opera stessa, per il controllo dell'evoluzione del regime delle pressioni interstiziali e per la valutazione delle sollecitazioni negli elementi strutturali (setti, pali e impalcato).

Il piano di monitoraggio, descritto nel dettaglio nella Relazione Geotecnica, prevede l'installazione di tubi inclinometrici e barrette estensimetriche per il monitoraggio del comportamento della struttura in c.a. della banchina in corrispondenza di 4 sezioni principali; a tergo della banchina, l'installazione di assestimetri multibase, assestimetri a piastra e piezometri per il controllo dell'evoluzione dei cedimenti dei piazzali durante le varie fasi costruttive. Infine, a strutture completate è prevista la realizzazione di una rete poligonale di capisaldi per la livellazione di alta precisione.

L'ubicazione delle sezioni e la relativa strumentazione di monitoraggio sono riportate in Figura 7.

Il piano di monitoraggio e le cadenze delle letture della strumentazione dovranno tenere conto della sequenza delle fasi costruttive e dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori. Per la strumentazione installata nelle strutture in c.a. della banchina è possibile prevedere circa 10 letture, concentrate durante e successivamente alle fasi di escavo del bacino. Almeno 30 letture sono invece previste per la strumentazione

nella zona dei piazzali a tergo della banchina, durante e successivamente alla fase di precarico.

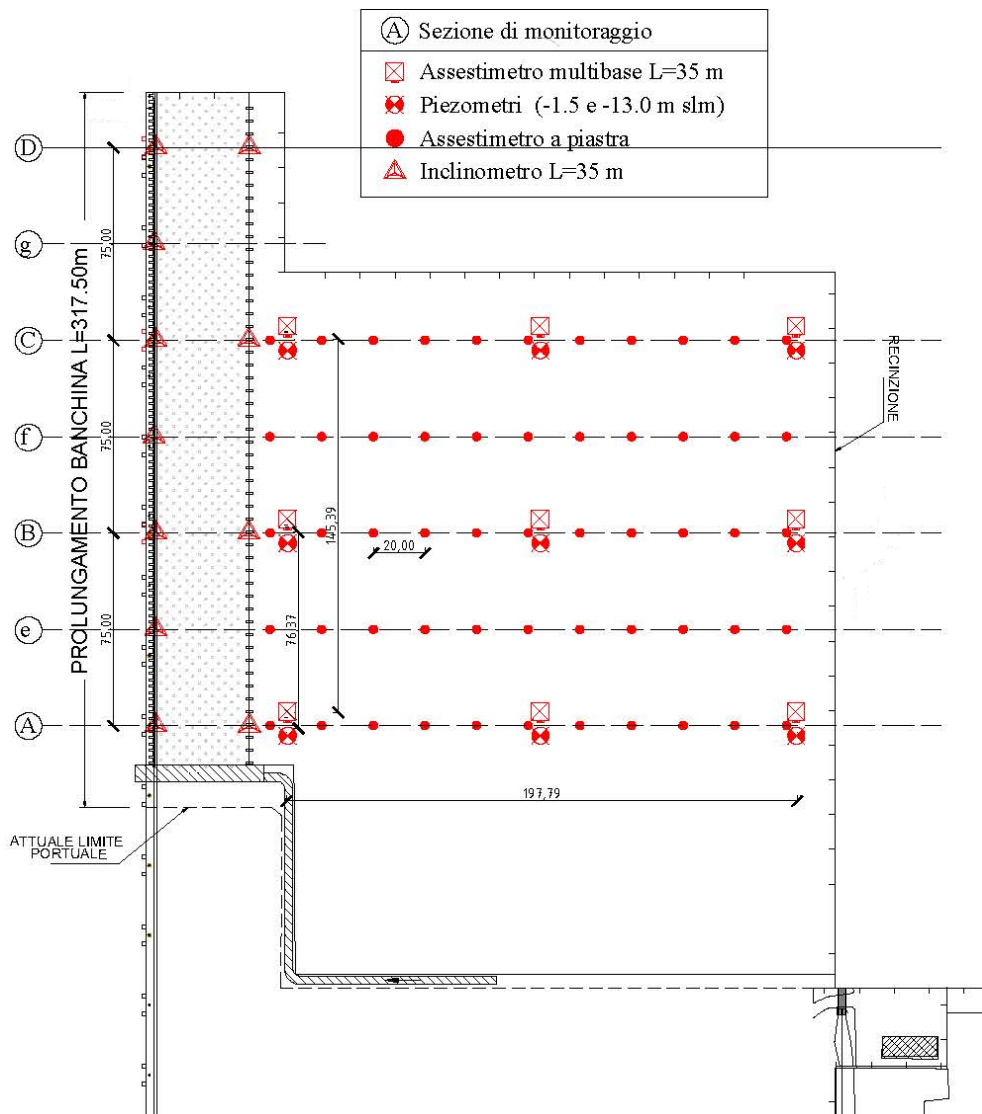


Fig. 7 – Ubicazione delle sezioni di monitoraggio.

3. Tempo di esecuzione e costo delle opere

Progetto generale

Il costo totale delle opere previste è di **Euro 38.661.400,05** così individuati :

| | |
|--|----------------------------|
| IMPORTO LAVORI OO.MM. A CORPO E A MISURA | € 34.109.924,60 |
| IMPORTO LAVORI IMPIANTI A CORPO | € 4.071.037,44 |
| IMPORTO ONERI PER LA SICUREZZA | <u>€ 480.438,01</u> |
| IMPORTO TOTALE DELL'APPALTO | € 38.661.400,05 |

Il tempo di esecuzione delle opere è stato valutato tenendo conto dei tempi di predisposizione del cantiere, di approvvigionamento dei materiali e di costruzione delle diverse parti dell'opera.

Si ritiene che un tempo di esecuzione compatibile con una buona organizzazione di impresa sia pari a 36 mesi.

Progetto definitivo I Lotto funzionale

Il costo totale delle opere previste è di **Euro 27.539.911,59** così individuati :

| | |
|--|----------------------------|
| IMPORTO LAVORI OO.MM. A CORPO E A MISURA | € 24.533.121,85 |
| IMPORTO LAVORI IMPIANTI A CORPO | € 2.664.289,74 |
| IMPORTO ONERI PER LA SICUREZZA | <u>€ 342.500,00</u> |
| IMPORTO TOTALE DELL'APPALTO | € 27.539.911,59 |

Il tempo di esecuzione delle opere è stato valutato tenendo conto dei tempi di predisposizione del cantiere, di approvvigionamento dei materiali e di costruzione delle diverse parti dell'opera.

Si ritiene che un tempo di esecuzione compatibile con una buona organizzazione di impresa sia pari a 30 mesi.