



# Un miglioramento strutturale per il porto di Napoli



Leggi i contenuti multimediali su [www.stradeautostrade.it](http://www.stradeautostrade.it)  
Segui le istruzioni di pag. 6.

**TREVI SPA ALL'OPERA NELLA TRASFORMAZIONE DELL'ATTUALE DARSENA DI LEVANTE IN UN NUOVO TERMINAL CAPACE DI ACCOGLIERE FINO A 800.000 TEU ALL'ANNO: L'ATTUALE VOLUME COMMERCIALE SI RADDOPPIA**

Ferruccio Cribari\*

Ortensio Rocca\*\*

Mauro Gianni Serafini\*\*\*

L' aumento del traffico merci all'interno del bacino del Mediterraneo rappresenta una grande opportunità per il porto di Napoli, che potrebbe incrementare la propria quota di mercato in virtù della posizione geografica strategica per le rotte tra l'estremo oriente e il Sud Europa.

Per cogliere questa opportunità, è necessario offrire strutture in grado di adeguarsi alle dimensioni sempre crescenti delle grandi navi portacontainer e in quest'ottica è in corso, all'estremità orientale del porto, la realizzazione di un nuovo terminal container.

Il progetto, integrato in un quadro ambizioso di opere infrastrutturali, prevede la trasformazione dell'attuale Darsena di Levante in un nuovo terminal capace di accogliere fino a 800.000 TEU all'anno, raddoppiando così l'attuale volume commerciale

Il nuovo terminal avrà una estensione di 230.000 m<sup>2</sup> (corrispondenti a 32 campi da calcio regolamentari), e sarà ottenuto confinando e colmando lo specchio acqueo corrispondente, realizzando una grande "scatola" a tenuta idraulica (watertight box), di permeabilità inferiore o uguale a 10<sup>-9</sup> m/s, di capacità pari ad un milione di metri cubi, all'interno del quale verranno riversati i sedimenti di dragaggio del canale del porto, oggetto del terzo ed ultimo stralcio del progetto.

Il fronte banchina, largo 30 m, si estenderà per 672 m parallelamente alla diga foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta interessando la testata del molo di Levante ed estendendosi, oltre il molo, per altri 167 m, parallelamente al canale di navigazione, a formare uno sporgente largo 100 m. Le sue dimensioni e l'approfondimento del fondale fino a 17,6 m permetteranno l'attracco delle più grandi e moderne super-post-panamax

(due in contemporanea da 6.000 TEU o una da 11.000 TEU), navi lunghe circa 390 m, con un pescaggio di circa 11-13 m. Attualmente, è in corso di realizzazione il secondo stralcio del progetto, che annovera tra le attività principali la costruzione della banchina di accosto, la cui struttura portante è costituita da una doppia parete combinata (palancolato) che delimita la colmata verso mare, la formazione di un diaframma plastico atto a confinare la cassa di colmata verso terra, la realizzazione del sistema di presa e scarico delle acque di raffreddamento della centrale elettrica Tirreno Power, sita a tergo dell'area di intervento e la bonifica ambientale da sedimenti inquinati sul fondale interessato dalle opere dello stralcio in oggetto.

## La geologia del sito

Da parte di Trevi SpA sono state eseguite numerose indagini geognostiche integrative al fine di confermare le previsioni progettuali e utili allo studio e all'adozione di soluzioni tecnologiche migliorative come quella operata per il diaframma plastico di cinturazione a terra realizzato con diaframma di pali plastici secanti (tecnologia pali CSP).

Oltre alle indagini geognostiche integrative sono state eseguite numerose indagini morfo-batimetriche, indagini geofisiche e indagini subacquee.

La stratigrafia dell'area è costituita:

- ◆ dalla colmata di materiale granulare estremamente disomogeneo con l'inclusione di blocchi lapidei e scarti da demolizione;
- ◆ dal sottostante complesso delle sabbie superiori di origine piroclastica il cui tetto rappresenta il fondale ad una quota media di circa -15 m dal l.m.m..



Al di sotto delle sabbie, a volte, si individua un sottile strato di ceneri vulcaniche, interposto al sottostante tufo vesuviano con andamento molto variabile del tetto e del letto di strato. La quota del tetto del tufo è variabile da -20 a -24 m dal l.m.m., il letto da -27 a -33 m dal l.m.m.. Il tufo presenta una modesta resistenza a compressione, non superiore a 10 MPa, in genere con valore medio 5 MPa. Al di sotto del tufo si incontra il potente complesso delle sabbie inferiori, che si estendono a profondità maggiore della massima raggiunta dai sondaggi.

## La struttura di banchina

La struttura di banchina rappresenta solo una parte del perimetro che delimita la “scatola” a tenuta idraulica di contenimento dei materiali contaminati. La perimetrazione a terra verrà realizzata con un diaframma plastico realizzato con tecnologia Trevi CSP. La struttura di palancole della banchina sarà completata con le strutture in calcestruzzo armato per le vie di corsa delle gru STS, adibite alle operazioni di carico-scarico e il piano del terminale sarà portato a quota minima di +3 m I.G.M, dall’attuale quota di circa 2 m.

Le opere di contenimento lato mare sono state realizzate “combinando” pali d’acciaio di grande diametro (o profilati di acciaio ad H) con coppie di palancole tipo AZ. I collegamenti sono stati realizzati con gargami resi impermeabili a mezzo di idonee resine con sistema brevettato Roxane®.

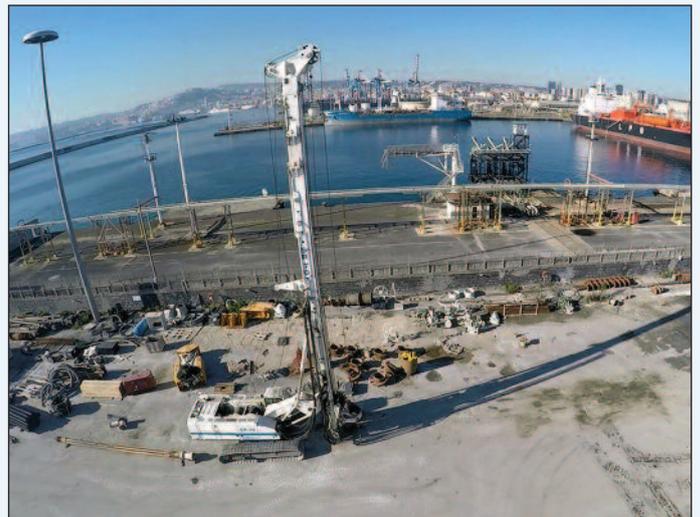
All’interno dei tubi in acciaio vengono realizzati i pali trivellati in calcestruzzo armato, fino a formare, alla base degli stessi, uno spinotto di circa 3 m di lunghezza intestato nel tufo. I pali assolveranno alla funzione di fondazione per i carichi verticali trasmessi dalle gru a portale i cui binari verranno collocati in asse ai due allineamenti della doppia parete combinata. Ai pali e ai profilati sarà demandata la funzione strutturale, mentre le palancole svolgeranno essenzialmente la funzione di conterminazione. Gli elementi del palancole sono stati infissi per azione di vibrazione fino a penetrare nella formazione tufacea per uno spessore di 1-2,5 m.

Le due pareti combinate sono state collegate tra loro con tiranti metallici a barra, uno per ogni modulo (tubo/profilo ad H + palancole), del diametro massimo di 5,5 pollici, agganciati alle piastre d’ancoraggio saldate sui pali d’acciaio/profilati ad H, messi in opera con posa subacquea a profondità di -4,65 m.

Dopo l’applicazione dei tiranti si è proceduto al riempimento dello spazio interno compreso tra i due allineamenti, con materiale inerte di cava. Tale riempimento ha permesso l’esecuzione delle successive fasi di lavoro da terra, in particolare, la trivellazione ed il getto dei pali di fondazione e la realizzazione delle travi di collegamento del palancole. Tali cordoli, sul fronte principale saranno costituiti dalle travi porta binario e saranno attrezzate con gli appositi arredi di banchina per le operazioni di ormeggio delle navi. Il getto viene effettuato, per conci di circa 20 m, contenendo il calcestruzzo, lato mare (sia nella darsena che nel canale di Levante), mediante una serie di pannelli prefabbricati, disposti in serie. Tali pannelli svolgono una funzione di casseratura e realizzano una struttura a protezione dalla corrosione della struttura metallica di banchina proprio nella parte più superficiale che è la zona più sollecitata per un’opera marittima “splash zone”.

In testata del molo Progresso, Trevi ha proposto una variante strutturale migliorativa sostituendo la struttura di doppio palancole prevista in progetto con dei diaframmi strutturali in calcestruzzo armato realizzati con la tecnologia dell’idrofresa. Tale variante ha consentito di limitare le interferenze al traffico navale diretto all’adiacente Darsena Petroli (360 navi/anno tra gasiere e petroliere) e ridurre sensibilmente le demolizioni previste in progetto.

I diaframmi in calcestruzzo armato sono larghi 2,80 m con spessore 1,50 m e profondi 30 m. Sull’allineamento di banchina lato mare del molo si è realizzata una paratia continua, realizzando in sequenza pannelli primari e secondari. L’impermeabilità è garantita dal giunto fresato, che viene realizzato durante l’esecuzione del pannello secondario, essendo quest’ultimo sovrapposto al pannello primario per 25 cm. Sull’allineamento di banchina lato terra, invece, si sono realizzati pannelli isolati e ortogonali all’asse, ad interasse di 5 m, con funzione di ancoraggio della paratia continua lato mare, che avverrà tramite un collegamento in testa da realizzarsi con solettone in c.a. di notevole spessore.



1. La realizzazione della batteria in CSP



2.



Sulla trave porta binario del fronte banchina, saranno fissate sia le bitte di ancoraggio che i parabordi conici con un interasse di circa 20 m, con tiro da 250 t.

Tra le travi di coronamento del palancolato verrà realizzata una pavimentazione industriale ad alta resistenza meccanica. Poiché i carichi indotti dallo stoccaggio sul piazzale container sono estremamente elevati (carico distribuito  $Q = 5 \text{ t/m}^2$  e carico concentrato pari a 1.524 kN corrispondente a quattro pile di contenitori da 40 piedi, impilati su cinque tiri), si adotterà una pavimentazione rigida in calcestruzzo di spessore pari a 40 cm su una fondazione costituita da uno strato in misto cementato (con altezza pari a 30 cm) insistente sul riempimento con materiale arido preventivamente posato consolidato.

Tra la lastra in calcestruzzo armato e lo strato in misto cementato verrà interposta una barriera al vapore, per evitare fenomeni di risalita capillare e fenomeni fessurativi, favoriti dal collegamento tra la lastra e la fondazione durante la presa e la maturazione del calcestruzzo.

### La conterminazione a terra con diaframma plastico

La cinturazione a terra, prevista lungo i moli e in area Tirreno Power della cassa di colmata, viene realizzata con una barriera costituita da una serie di pali secanti il cui fusto è formato da calcestruzzo ad alta impermeabilità (fino a  $10^{-11} \text{ m/s}$ ). La tecnologia del palo secante (CSP), adottata a seguito di variante, si è dimostrata vincente rispetto ad altre tecnologie, nell'attraversare il difficile e molto eterogeneo strato di riempimento di banchina. Spesso all'interno degli stessi riempimenti si rinviene materiale proveniente da scarti di demolizione con tutte le difficoltà del caso relative all'avanzamento durante la perforazione e nei confronti della garanzia di omogeneità del risultato in termini di impermeabilità del diaframma. La tecnologia dei pali plastici CSP ha permesso di superare tali difficoltà ottenendo omogeneità di risultato e un livello prestazionale garantito in termini di impermeabilità richiesta.



La potenza e la flessibilità dell'attrezzatura utilizzata per l'intervento (perforatrice SR100 Soilmec in configurazione CSP) hanno permesso di superare brillantemente ogni difficoltà incontrata durante la fase di perforazione.

La macchina, del peso di 100 t, è dotata di un'antenna di altezza pari a 28 m e di una doppia rotary che aziona contemporaneamente l'elica continua e il casing esterno.

Il diaframma è composto da una serie di pali secanti di un metro di diametro, posti a 70 cm d'interasse, realizzati in modo alternato, procedendo cioè con la realizzazione di pali primari, intersecati, successivamente in seconda fase, da pali secondari. I pali sono spinti a una profondità di 27 m circa da piano banchina, così da intestarsi per almeno un metro nello strato tufaceo.

Per questo intervento è stato studiato ad hoc un mix-design per conferire al calcestruzzo utilizzato bassissimi valori di permeabilità (test su campioni prelevati hanno fornito valori del coefficiente di permeabilità  $k$  dell'ordine di  $10^{-11} \text{ m/sec}$ ).



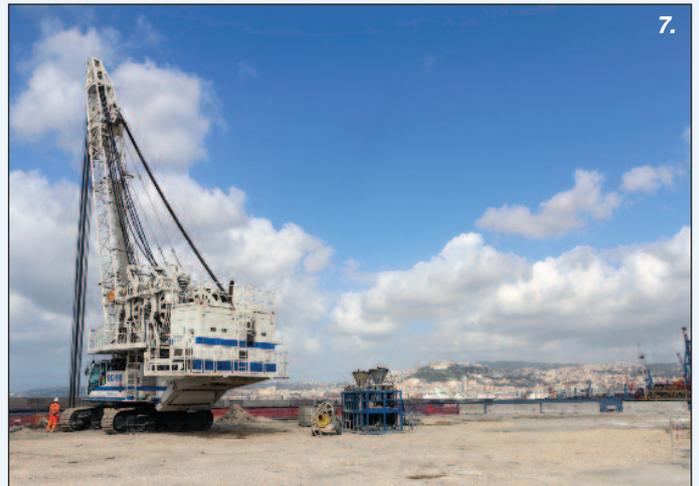


### Le opere di presa e di scarico della centrale elettrica Tirreno Power

Al momento la Darsena di Levante è funzionale all'esercizio della centrale elettrica Tirreno Power come bacino per l'acqua del sistema di raffreddamento e di antincendio. Tale funzione sarà mantenuta nell'area attraverso nuove opere di presa e di scarico, integrate nelle strutture della banchina.

Il nuovo sistema di presa sarà costituito da condotte in resina rinforzata con fibre di vetro, del diametro di 2.100 mm, necessarie per collegare la vasca pompe della centrale all'opera di presa, un cassone cellulare, di dimensioni 25,5x16 m e di altezza pari a 13,6 m, realizzato in un bacino di carenaggio esterno all'area di cantiere e successivamente portato in galleggiamento e varato in fregio alla nuova banchina sulla zona di sporgente.

Il nuovo scarico verrà realizzato sul fronte della nuova banchina, a circa 300 m dalla nuova opera di presa ed è costituito da una condotta scatolare in c.a. da gettare in opera e da un cassone cellulare realizzato in bacino di carenaggio esterno, così come avvenuto per il cassone dell'opera di presa. Le condotte di scarico, attualmente in fase di realizzazione, vengono realizzate con scatolari in c.a. gettati in opera, a partire dall'attuale punto di scarico, lungo tutta la colmata realizzata tra l'esistente muro paraonde e il palancoolato delle tubazioni dell'o-



7.

pera di presa, proseguendo lungo il tratto della costruenda banchina, tra il cassone di presa e quello di scarico. La connessione dello scarico attuale con lo scarico in progetto avverrà mediante una vasca che raccorda le tubazioni uscenti dalla centrale con i canali di scarico a pelo libero in progetto.

### Dragaggi ambientali, salpamenti e demolizioni

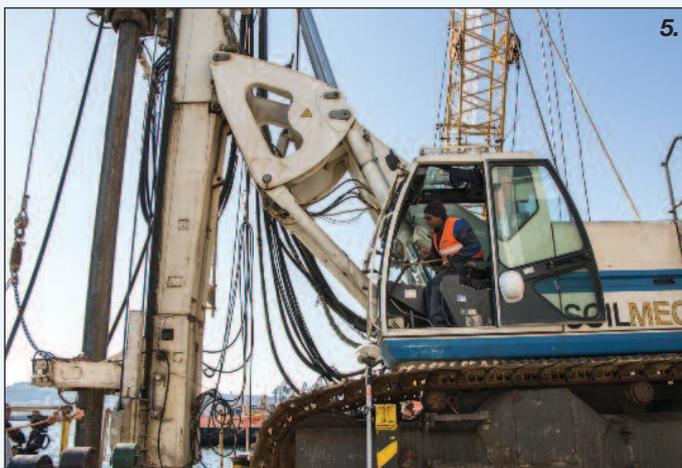
Tra le molteplici attività previste dal complesso progetto di trasformazione della Darsena di Levante è compreso il dragaggio di circa 40.000 m<sup>3</sup> di sedimenti contaminati da idrocarburi presenti sulle aree di pertinenza del palancoolato individuati dalla caratterizzazione di progetto nella zona dello sporgente e in parte tra i due moli. Tale attività, già completata, ha permesso la bonifica preventiva delle aree sulle quali sorgerà la struttura di banchina. Contemporaneamente all'attività di dragaggio è stata condotta un'importante attività di caratterizzazione dei sedimenti per lotti da 1.000 m<sup>3</sup> e di relativo smaltimento conformemente a quanto previsto dalla vigente normativa in materia ambientale.

Le altre attività cruciali di tipo marittimo svolte nell'ambito degli interventi previsti in progetto sono quelle del salpamento di scogliere artificiali o in massi naturali e la demolizione delle strutture di testata dei moli esistenti (già eseguita quella del molo di Levante) interferenti con la costruenda struttura di banchinamento. Fra queste, per il molo Levante, particolarmente impegnative si sono rivelate le attività di salpamento del materiale esistente sullo spigolo Est del molo stesso e la demolizione della struttura a massi sovrapposti che interferivano con l'infissione del doppio palancoolato della nuova struttura di banchina. Un intervento di tipo subacqueo, particolarmente impegnativo, ha riguardato la delocalizzazione di una serie di massi ciclopici (7x7x7 m) interferenti con le strutture da realizzare, lasciati sul fondale durante la seconda guerra mondiale per l'ancoraggio delle reti antisommersibili all'imboccatura del porto, la rimozione dei quali, considerate le dimensioni eccezionali, ha previsto l'impiego di tecniche ultra-specialistiche. ■

\* *Dottore Geologo Direttore Tecnico di Trevi SpA*

\*\* *Ingegnere Direttore di cantiere di Trevi SpA*

\*\*\* *Ingegnere Responsabile dell'Ufficio Tecnico e Qualità di Trevi SpA*



5.



6.