

HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

PROGETTO ESECUTIVO

oggetto BANCHINE
ELABORATI GENERALI
RELAZIONE GENERALE BANCHINE

file
1114-E-BAX-GEN-RG-01-2.doc

codice
1114-E-BAX-GEN-RG-01-2

scala
-

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
0	28/07/2021	Emissione per approvazione	G. Marcolini	L. de Angelis	F. Busola
1	15/09/2021	Emissione per approvazione	G. Marcolini	L. de Angelis	F. Busola
2	06/12/2021	Revisione per riscontro validazione	G. Marcolini	L. de Angelis	F. Busola

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente



Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale
Via Antico Squero, 31
48122 Ravenna

contraente generale



Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl
Piazza del Popolo 18
00187 Roma



DEME - Dredging International NV
Haven 1025 - Scheldedijk 30
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.
Via Carlo Cattaneo, 20
37121 Verona

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Filippo Busola



F&M Ingegneria SpA
Via Belvedere 8/10
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl
Via Filangieri 11
80121 Napoli

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Marco Di Stefano

BANCHINE

Relazione generale banchine

06 dicembre 2021

PROGETTISTI

RTP:  **F&M**
ingegneria

F&M
ingegneria

SISPI
engineering

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	4
2	SULLA PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	7
3	DOCUMENTI TECNICI ALLEGATI AL CONTRATTO.....	8
4	MODALITA' DI ELABORAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO – CRONOLOGIA DEGLI EVENTI SIGNIFICATIVI.....	9
5	INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO	13
5.1	RETE DI INQUADRAMENTO PLANOALTIMETRICO E DEFINIZIONE DEL LMM.....	13
5.1.1	RETE DI INQUADRAMENTO PLANOALTIMETRICO.....	13
5.1.2	DEFINIZIONE DEL L.M.M.....	14
5.2	RILIEVI	18
5.3	INDAGINI GEOTECNICHE	20
5.3.1	INTRODUZIONE	20
5.3.2	CAMPAGNA INDAGINI PREGRESSE.....	21
5.3.3	CAMPAGNA INDAGINI 2014 (NOVEMBRE 2014 - GENNAIO 2015).....	22
5.3.4	CAMPAGNA INDAGINI 2020	22
6	CAMPO PROVE DI PROGETTO.....	24
6.1	UBICAZIONE DEL CAMPO PROVE	24
6.2	DESCRIZIONE DEL CAMPO PROVE.....	24
6.3	PROVE DI CARICO SU PALI	25
6.3.1	TIPOLOGIA E GEOMETRIA DEI PALI DI PROVA.....	25
6.4	PROVE SU TIRANTI.....	26
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO	28
7.1	INTRODUZIONE	28
7.2	ASSETTO STRATIGRAFICO	28
7.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	29
7.4	PARAMETRI DI RESISTENZA IN CONDIZIONI SISMICHE	31
7.4.1	CONFRONTO CON PD.....	32
7.5	SISMICITA'	32
7.5.1	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	32
7.5.2	STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	32
7.6	LIQUEFAZIONE	33
8	DESCRIZIONE INTERVENTI SULLE BANCHINE.....	34
8.1	NOTE GENERALI SUL PROGETTO ESECUTIVO.....	35
8.2	LUNGHEZZE E QUOTE BANCHINE	39

8.3	ADEGUAMENTO BANCHINE ESISTENTI	42
8.3.1	BANCHINA A- BUNGE NORD	42
8.3.2	BANCHINA B - BUNGE SUD	45
8.3.3	ALMA	48
8.3.4	LLOYD	52
8.3.5	BANCHINA "D" – CEMENTILCE (UNIGRA'-UNITERMINAL) – TRATTAROLI NORD.....	58
8.3.6	BANCHINE E-F-G-H - TRATTAROLI SUD	60
8.3.7	BANCHINA I - IFA	69
8.3.8	BANCHINA M – DOCKS PIOMBONI	72
8.4	NUOVO TERMINAL CONTAINER	79
8.4.1	BANCHINA N1 - SOPRAELEVAZIONE	79
8.4.2	BANCHINA N2 – NUOVO TRATTO	82
8.5	ARREDI DI BANCHINA	84

1 PREMESSA

Con Delibera n. 1/2018 del 28 febbraio 2018, il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (“CIPE”) ha deliberato l’approvazione del progetto definitivo relativo a “Hub portuale di Ravenna - approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione del P.R.P. vigente 2007”, posto a base gara.

A seguito di procedura di evidenza pubblica l’Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico centro settentrionale (di seguito AdSP), ai sensi degli artt. 61 e 95, nonché dell’art. 195 del d.lgs. 18 aprile 2016, n. 50 – Codice dei contratti pubblici, ha individuato il Raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito con atto rep. n. 80755 in data 12.10.2020 a rogito del dott. Raimondo Malinconico, Notaio in Salerno tra CONSORZIO STABILE GRANDI LAVORI S.c.r.l. - C.F. e P.IVA n. 04490580653, con sede in Piazza del Popolo n. 18, 00187 Roma (capogruppo mandataria) e DREDGING INTERNATIONAL N.V. - C.F. e P.IVA (VAT) n. BE 0435.305.514, con sede in Haven 1025, Scheldedijk 30 - 2070 Zwijndrecht (Belgio) (mandante quale “contraente generale” per la **progettazione esecutiva e della realizzazione dei lavori concernenti “Hub Portuale di Ravenna - Approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e riutilizzo del materiale estratto in attuazione del P.R.P. vigente 2007”** - CIG: 8106993642 CUP: C66C11000050006 - CUI: L92033190395201900002

Il **contratto di appalto** è stato sottoscritto in data 5 novembre 2020 con atto rep 2079 – raccolta 2079 per un valore complessivo stimato di € 197.848.915,39, di cui € 1.773.752,29, quale importo per la progettazione al netto del ribasso dell’1% offerto in sede di gara ed € 194.266.482,16, quale importo per le opere al netto del ribasso dell’1% offerto in sede di gara, cui andranno aggiunti gli importi predeterminati dalla stazione appaltante in relazione agli oneri per la sicurezza da interferenza e per l’attuazione del piano di prevenzione e repressione della criminalità.

In sede di offerta il contraente generale ha indicato, per la realizzazione del progetto esecutivo, il raggruppamento temporaneo di progettisti costituito da **TECHNITAL S.p.A.** (capogruppo e mandataria) con sede legale Verona, Via Carlo Cattaneo 20, iscritta al Registro Imprese di Verona, Codice Fiscale e Partita Iva n. 05139031008, **F&M Ingegneria** (mandante), con sede in Mirano (VE) via Belvedere 8/10 iscritta al Registro Imprese di Venezia Rovigo, Codice Fiscale e Partita Iva n. 02916640275 e **SISPI srl** (mandante) con sede in Napoli, via Filangieri 11, iscritta al Registro Imprese di Napoli, Codice Fiscale e Partita Iva n. 06545150630.

Ai sensi degli artt. 184 e 194, co. 10 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i. nonché dell’art. 8.4 e 8.6 del contratto di affidamento, il Contraente Generale in data 21.06.2021 ha costituito la **società di progetto**, denominata “Rhama Port Hub società a responsabilità limitata” _in sigla “RHAMA s.r.l.” (presa d’atto AdSP con prot 7708 del 16/9/2021).

In data 20/01/21, con **verbale di avvio alla progettazione**, l’Autorità di Sistema (AdSP), ha limitato l’inizio delle attività di progettazione esecutiva (PE) agli interventi di adeguamento funzionale e strutturale delle banchine ed allo svuotamento delle casse di colmata Nadep e Centro Direzionale.

Nell’ambito delle attività di PE oggetto del richiamato verbale rientrano anche le attività connesse allo svuotamento della cassa di colmata Trattaroli (per la parte incidente con le lavorazioni previste nel cantiere N2), nonché le attività di conferimento di materiali provenienti dalle casse di cui sopra nelle aree logistiche L2 e S3 e nella “Cava Bosca”.



Figura 1 – Corografia di inquadramento PE Casse di colmata, Aree logistiche e cava Bosca

La presente relazione generale illustra il progetto esecutivo degli interventi di adeguamento funzionale e strutturale delle banchine del canale Candiano e della Darsena San Vitale, per uno sviluppo complessivo di circa 3,6 km e segnatamente:

1. Banchine A - BUNGE NORD
2. Banchine B - BUNGE SUD
3. Banchine D – CEMENTILCE (UNIGRA'-UNITERMINAL) – TRATTAROLI NORD
4. Banchina C - ALMA
5. Banchina O - LLOYD
6. Banchina E, F, G, H - TERMINAL NORD – TRATTAROLI SUD
7. Banchina I - IFA
8. Banchina M – DOKS PIOMBONI NORD
9. Banchina N - Nuovo terminal container sopraelevazione (cantiere N1) e nuovo tratto (cantiere N2)



Figura 2 – Planimetria relativa alle banchine da adeguare e al nuovo terminal in penisola Trattaroli (PD)

I tratti di banchina, in coerenza con quanto indicato nel PD, sono stati suddivisi per cantieri operativi (A,B etc.) in ragione della destinazione d'uso ovvero del concessionario di riferimento.

Il progetto è stato consegnato alla stazione appaltante in Rev.0 data 28/7/2021; successivamente alla consegna ed all'esame da parte del RUP e del Direttore dell'Esecuzione designato dall'AdSP, il progetto esecutivo è stato integrato con ulteriori documenti emessi in rev.0 data 15/9/2021 mentre i documenti già consegnati ed oggetto di revisione riportano rev.1 data 15/9/2021.

Pertanto, come si rileva dall'elenco elaborati, il progetto esecutivo si compone delle seguenti revisioni:

- rev 0 – data 28/7/2021
- rev 0 - data 15/9/2021
- rev 1 – data 15/9/2021
- rev2 – data 6/12/2021

2 SULLA PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il **Piano Regolatore Portuale del porto di Ravenna** (edizione 2007), dopo aver acquisito il parere del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici con voto n. 129 del 29.10.2008 e la Valutazione Ambientale Strategica con delibera della giunta regionale Emilia-Romagna n. 14796 del 12.10.2009, è stato approvato con delibera di Giunta provinciale n. 3 del 03.12.2010 in virtù della delega conferita a tale Ente dalla Legge Regionale n. 3 del 21.04.1999 “Riforma del sistema regionale e locale”.

Il Porto di Ravenna è costituito da un canale principale, Candiano, e due secondari, Baiona a Piombone. Nel complesso sono attualmente presenti 24 km di banchine disponibili, di cui 18.5 km operative. Le merci trattate dai terminalisti privati sono principalmente rinfuse, liquidi, container.

A seguito delle analisi del traffico e degli scenari futuri, il PRP del 2007 ha fissato come priorità per lo sviluppo del Porto l’approfondimento dei fondali per permettere l’ingresso di navi di dimensioni maggiori rispetto alle attuali, oltre alla realizzazione di un nuovo Terminal Container.

Successivamente, in data 19.03.2010, è stata attivata presso il Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare e gli altri Enti competenti la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale delle opere previste in Piano, che è proseguita con le pubblicazioni di legge ed il parere favorevole di compatibilità ambientale della Commissione Tecnica per la Verifica dell’Impatto Ambientale - VIA e VAS in data 17.06.2011. Il Decreto congiunto di V.I.A. del Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministro per i Beni e le Attività Culturali n. 6 del 20.01.2012 ha sancito la compatibilità ambientale del P.R.P. 2007 per l’attuazione delle opere connesse nel rispetto di alcune condizioni e prescrizioni.

Il Ministro dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto col Ministro dei Beni e delle attività Culturali e del Turismo, con decreto n. 215 del 07.08.2017 ha prorogato per dieci anni a decorrere dalla data di scadenza, i termini di validità del Decreto di compatibilità ambientale prot. DVA-DEC-2012-6 del 20 gennaio 2012 relativo al “Piano Regolatore Portuale – Attuazione delle opere connesse” del Porto di Ravenna, ovvero sino al 18 maggio 2027.

L’Autorità di Sistema Portuale ha sviluppato il **progetto preliminare** di “Approfondimento canali Candiano e Baiona, adeguamento banchine operative esistenti, nuovo terminal in penisola Trattaroli e utilizzo materiale estratto in attuazione al P.R.P. vigente 2007”, istruito dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti in quattro stralci consecutivi ma singolarmente funzionali, ed approvato dal C.I.P.E. con delibera n. n. 98 del 26 ottobre 2012 (G.U.R.I. n. 136 del 12 giugno 2013) per i primi due.

Il **progetto definitivo** delle opere è stato elaborato dall’AdSP in data novembre 2009 (rev 2) ed i Responsabili dell’integrazione progettuale sono gli Ingg. Stefano Pasi, Daniela Visani e Michele Peroni dell’AdSP mentre i progettisti firmatari sono i seguenti: Ing Paolo Ruggeri (GES srl), Ing Marco Tartaglini (MODIMAR srl), Ing. Lucio Abbadessa (SEACON srl), Arch. Paolo Focaccia, Arch. Ettore Rinaldini, Geol. Maria Bruno, Ing. Paolo Zoppellari (ZGA srl), Ing.Stefano Pasi (AdSP), Ing.Daniela Visani (AdSP) e Ing. Michele Peroni (AdSP).

Tale progetto è stato validato dal RINA CHEK ed è stato approvato con Delibera CIPE n. 1/2018 del 28 febbraio 2018; in allegato al contratto (all. 2) è riportato il Verbale la conformità del Progetto Definitivo alla normativa vigente ed al Verbale di validazione ed il permanere delle condizioni che consentono l’immediata esecuzione del Contratto

Per quanto riguarda gli espropri, si è conclusa la procedura espropriativa, svolta interamente dalla SA, assicurando la piena disponibilità delle aree, comprese quelle destinate alle aree logistiche. (Decreto Esproprio Decreto di esproprio n.1-2020 del 20/05/202).

3 DOCUMENTI TECNICI ALLEGATI AL CONTRATTO

Di seguito si riporta l'elenco dei documenti tecnici allegati al contratto che hanno formato il riferimento per l'elaborazione del progetto esecutivo.

1. Piano di sicurezza e coordinamento (d'ora in poi anche "P.S.C.");
2. Verbale la conformità del Progetto Definitivo alla normativa vigente ed al Verbale di validazione ed il permanere delle condizioni che consentono l'immediata esecuzione del Contratto;
3. Elaborati di Progetto Definitivo sottoscritti digitalmente dal Contraente Generale quale segno di piena ed incondizionata accettazione e contenuti nelle seguenti cartelle:
 - a. ELABORATI DI CARATTERE GENERALE ("GEN");
 - b. CARATTERIZZAZIONE DEI FONDALI ("CAR");
 - c. DRAGAGGIO DEI FONDALI ("DRA");
 - d. ELABORATI ECONOMICI ("ECO");
 - e. INDAGINI GEOTECNICHE E GEOGNOSTICHE ("GEO")
 - f. GESTIONE DEI SEDIMENTI ("SED");
 - g. SICUREZZA ("SIC");
 - h. ELABORATI STRUTTURALI ("STR");
 - i. URBANIZZAZIONI ("URB");
 - j. STATO DI FATTO ("SDF").
4. Documenti utili per lo sviluppo del progetto esecutivo:
 - a. Delibera CIPE n. 98/2012 di approvazione del Progetto Preliminare;
 - b. Delibera CIPE n. 1/2018 di approvazione del Progetto Definitivo;
 - c. Decreto VIA n. 6/2012;
 - d. Caratterizzazione fondali dei canali Candiano e Baiona, che non costituisce documento contrattuale, trasmessa al Contraente generale con prot. n. 7029 del 4.11.2020;
 - e. Integrazione alla Autorizzazione ex artt. 208 e 184-quater del D.Lgs. n. 152/2006 per il recupero del materiale contenuto nella porzione di cassa di colmata Trattaroli;
 - f. Decreto VIA relativo alla pialassa Piomboni modificato con autorizzazione ai sensi del D.P.R., 13 giugno 2017, n. 120 e ss.mm.ii. per la rimozione degli argini della cassa di colmata Trattaroli.
5. Offerta tecnica del Contraente Generale, divenuta vincolante ai fini dell'esecuzione del Contratto.
6. Piano di gestione informativa.

Il contratto d'appalto, in coerenza con il bando di gare e l'offerta formulata dal Contraente Generale, come confermato dal RUP, esclude a carico del gruppo di progettazione l'elaborazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.

4 MODALITA' DI ELABORAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO – CRONOLOGIA DEGLI EVENTI SIGNIFICATIVI

Come riferito al par 1, in data 20/01/21, con **verbale di avvio alla progettazione**, l'Autorità di Sistema (AdSP), ha limitato l'inizio delle attività di progettazione esecutiva (PE) agli interventi di adeguamento funzionale e strutturale delle banchine ed allo svuotamento delle casse di colmata Nadep e Centro Direzionale, includendo in tale consegna le attività connesse allo svuotamento della cassa di colmata Trattaroli (per la parte incidente con le lavorazioni previste nel cantiere N2), nonché le attività di conferimento di materiali provenienti dalle casse di cui sopra nelle aree logistiche L2 e S3 e nella "Cava Bosca", queste ultime da elaborare con documenti progettuali distinti dal consolidamento delle banchine.

Alla data del verbale di consegna e nel corso della progettazione l'AdSP non ha reso disponibili le caratterizzazioni delle terre a tergo delle banchine, nonché delle strutture ove erano previsti interventi di demolizione, chiedendo di far riferimento alle valutazioni contenute nel progetto definitivo e riservandosi di inviare le nuove caratterizzazioni appena disponibili.

Preliminarmente al verbale di inizio attività erano stati eseguiti sopralluoghi presso le aree detenute dai vari concessionari rispettivamente alle date del 27/08/2020, 01/09/2020, 03/09/2020 e (via mare) del 24/09/2020.

Dopo aver consegnato il **Piano di Progetto** in data 30/1/2021 il Gruppo di Progettazione ha elaborato il **Piano Indagini** (rif. doc. 1114-E-SIN-RIL-RE-01-A); tali indagini, che avevano lo scopo di integrare quelle già eseguite in sede di progettazione definitiva, sono state suddivise per macro-interventi (Banchine, Dragaggi, casse di colmata, aree logistiche e cava Bosca).

Le indagini, i cui risultati sono stati trasmessi all'AdSP dal Contraente Generale in data 8/3/2021, sono state eseguite fra novembre 2020 e febbraio 2021 ed hanno riguardato le seguenti attività meglio descritte nel paragrafo dedicato:

- rilievi topografico plano-altimetrico (aerofotogrammetrico e topografico) per verificare lo stato esistente;
- stendimenti geoletrici, con elettromagnetometro e sismici
- indagini con georadar 3D
- Indagini geotecniche per definire l'assetto stratigrafico, i parametri geotecnici, di classificazione sismica e livello di falda (SCPTU, CPTU, sondaggio con piezometro, prove di dissipazione, analisi di laboratorio)
- Rilievo batimetrico dei fondali esistenti con indagine Multibeam
- Rilievi side-scan sonar

Successivamente il Gruppo di Progettazione ha elaborato un documento (1114-E-SIN-GTC-RT-01), emesso in prima revisione (0) in data 29/1/2021 ed in ultima revisione (2) in data 24/3/2021 riportante il **progetto del campo prove** su pali del diam 600, 800, 1000 e 1200 mm (eseguiti con diverse tecnologie) e su tiranti con allegati i relativi elaborati grafici. Il campo prova è stato eseguito tra il 26 aprile e 10 maggio 2021.

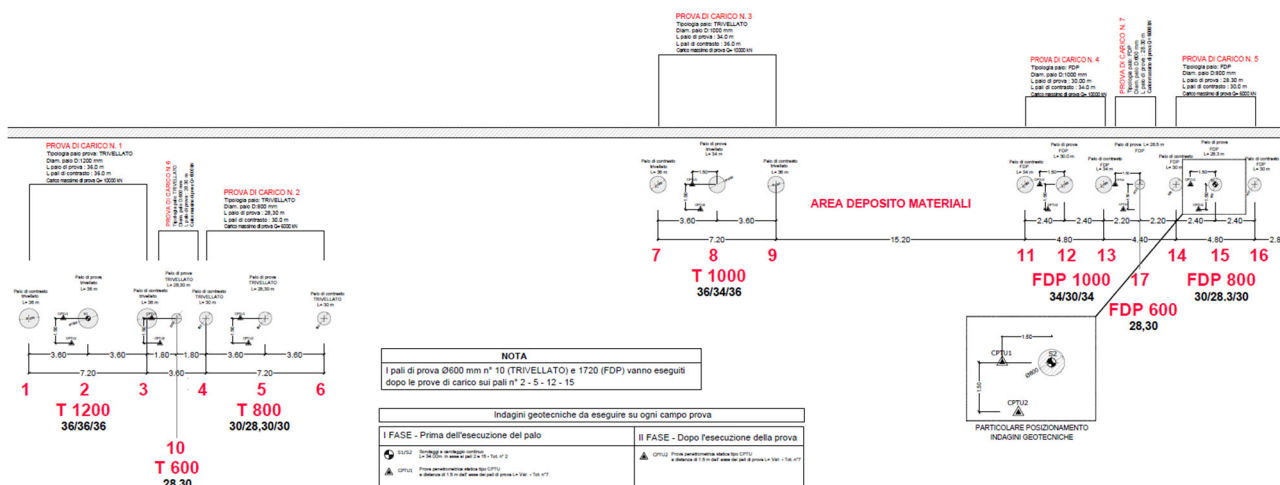


Figura 1 – Stralcio planimetrico dell'area del campo prove dei pali in penisola Trattaroli

All'esito delle indagini integrative, in conformità a quanto previsto dal par. 2.11 del c.s.a, in data 09/03/21 sono state consegnate le **relazioni di criticità delle banchine** nonché quelle sulle casse di colmata e delle aree logistiche (non oggetto della presente relazione), per la verifica delle principali criticità e l'individuazione delle possibili soluzioni per il superamento delle stesse.

In tale documento veniva illustrata la sintesi delle indagini integrative (rilievi, indagini geotecniche e sui materiali) eseguite dal Contraente Generale (CG) a supporto della progettazione esecutiva, sulla base delle quali erano state effettuate le analisi dello stato di luoghi a partire dalle verifiche geometriche, delle interferenze, delle aree di cantiere, degli impianti, degli aspetti ambientali e delle compatibilità dei materiali; il confronto tra la ricognizione degli ulteriori dati acquisiti e quelli contenuti nel progetto definitivo.

Oltre alla relazione riepilogativa, per ciascuna banchina sono state elaborate distinte relazioni con relativi allegati grafici, come da seguente prospetto:

ELABORATO	REV.	TITOLO ELABORATO - RELAZIONE
1114-E-BAA-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina A - Bunge Nord
1114-E-BAB-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina B - Bunge Sud
1114-E-BAC-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina C - Alma
1114-E-BAO-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina O - Lloyd
1114-E-BAD-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina D - Terminal nord - Cementilce
1114-E-BAE-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina E-F-G-H - Trattatoli Sud
1114-E-BAI-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina I - Ifa
1114-E-BAM-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina M - Docks Piomboni Nord
1114-E-BAN-GEN-RG-02-0	0	Relazione sulle criticità banchina N1 - Nuovo Terminal Container: sopraelevazione
1114-E-BAN-GEN-RG-03-0	0	Relazione sulle criticità banchina N2 - Nuovo Terminal Container: nuovo tratto

A seguito di tale documento è stata avviata un'interlocuzione tra i rappresentanti del Contraente Generale, il RUP, i referenti dell'AdSP ed i responsabili del Progetto definitivo anche con numerosi sopralluoghi in campo. Tale confronto si è concluso con la riunione del 13/05/2021 convocata dal RUP presso la sede dell'AdSP, a cui hanno partecipato i referenti dell'AdSP, il RUP, il responsabili del progetto definitivo, il Direttore per l'Esecuzione del contratto, il Direttore dei Lavori e i referenti del Contraente Generale per condividere e definire, in relazione alle criticità riscontrate, le soluzioni per il superamento delle stesse.

A questo incontro è seguita (in data 17/05/2021) una nota/relazione inviata dal Contraente Generale (Nota Prot.n. 189), riportante la sintesi dei contenuti trattati nella riunione 13/05/21 e le scelte preliminarmente condivise; tale nota è stata riscontrata con ulteriore nota dell'AdSP in data 18/05/21 che confermava i contenuti delle scelte condivise per il superamento delle criticità rilevate.

Tenuto conto che l'analisi delle criticità si è protratta per oltre tre mesi, a seguito della richiesta di proroga a AdSP da parte di Contraente Generale per la consegna della progettazione esecutiva (Nota Prot. 197 - Proroga termine presentazione progetto esecutivo - Rif. Note Rup prot 4379) ed in data 26/05/21 (prot. N. 4679) l'AdSP ha concesso l'estensione di 45 giorni del termine per l'esecuzione della Progettazione Esecutiva delle banchine fissando il termine per la consegna al 28/07/2021; per l'esecuzione della Progettazione Esecutiva relativa allo svuotamento di casse di colmata Nadep e del Centro direzionale e le attività di conferimento di materiali provenienti dalle casse di cui sopra nelle aree logistiche L2 e S3 e nella "Cava Bosca", che non formano oggetto di questa relazione, è stato fissato il termine per la consegna al 3/09/2021.

In data 28 luglio 2021 è stato trasmesso all'AdSP, in formato digitale, il progetto esecutivo in rev 0 (data 28/7/2021) relativamente agli interventi di consolidamento ed adeguamento statico e funzionale delle banchine e di completamento (cantiere N1) e costruzione (cantiere N2) del nuovo terminal container.

A seguito di tale consegna è stata avviata una preliminare fase di analisi da parte del RUP, con il supporto del Direttore dell'Esecuzione, del gruppo incaricato della Direzione Lavori e dei responsabili del progetto esecutivo. All'esito delle richieste di integrazioni formulate dal Direttore per l'Esecuzione nella fase istruttoria alcuni elaborati sono stati riemessi in rev 1 con data 15/9/2021 ed altri elaborati, ritenuti necessari a meglio definire le soluzioni progettuali, non presenti nella consegna del 28/7/2021, sono stati emessi in rev0 con data 15/9/2021.



Figura 4 – Corografia di progetto relativa alle banchine da adeguare, al nuovo terminal in penisola Trattaroli, allo svuotamento della cassa Trattaroli e al conferimento del materiale nell'area logistica S3 – consegna 28/07/21

5 INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO

Le indagini descritte nel Piano Indagini (rif. doc. 1114-E-SIN-RIL-RE-01-A), sono state suddivise per macro-interventi (Banchine, Dragaggi, casse di colmata, aree logistiche e cava Bosca); sono state eseguite fra novembre 2020 e febbraio 2021 e sono sintetizzate qui di seguito:

- rilievi topografico plano-altimetrico (aerofotogrammetrico e topografico) per verificare lo stato esistente;
- stendimenti geoletrici, con elettromagnetometro e sismici
- indagini con georadar 3D
- Indagini geotecniche per definire l'assetto stratigrafico, i parametri geotecnici, di classificazione sismica e livello di falda (SCPTU, CPTU, sondaggio con piezometro, prove di dissipazione, analisi di laboratorio)
- Rilievo batimetrico dei fondali esistenti con indagine Multibeam
- Rilievi side-scan sonar

Nei paragrafi che seguono si illustrano le attività eseguite ed i relativi risultati.

5.1 RETE DI INQUADRAMENTO PLANOALTIMETRICO E DEFINIZIONE DEL LMM

Preliminarmente a tutte le attività è stata tracciata una rete topografica di inquadramento, indispensabile per la corretta posizione relativa e assoluta delle varie parti dell'intervento in relazione al territorio circostante, con la materializzazione di un sistema di capisaldi, opportunamente georeferenziati.

Il rilievo di punti topografici significativi per verificare l'allineamento corretto delle banchine esistenti ha consentito di riferire correttamente gli elaborati grafici, le indagini complementari eseguite e quelle del progetto definitivo ed i relativi modelli geotecnici.

Per effettuare i rilievi è stata creata una rete di inquadramento planoaltimetrico, qui di seguito sintetizzata, descritta dettagliatamente nella "Relazione tecnica di livellazione e definizione del l.m.m." (rif. doc 1114-E-SIN-RIL-RE-31-0) consegnata da GC a AdSP in data 08/03.

Il l.m.m. locale è stato calcolato sulla base di misure della stazione mareografica di Marina di Ravenna, tenendo conto degli effetti di subsidenza e aggiornando la quota del caposaldo RMN2 della rete IGM (uno dei capisaldi indicati in nell'art 4.1 del C.S.A) per tener conto della subsidenza, ridefinito IGM*.

A seguito dell'incontro del 01/04/21 in AdSP, è stato convenuto di riferire le opere a terra al caposaldo IGM* (RMN2), mentre quelle a mare al l.m.m.

5.1.1 Rete di inquadramento planoaltimetrico

Nel par. 4.1 del CSA per il lmm si fa riferimento ai seguenti capisaldi:

- caposaldo ARPA 000630 (denominazione IGM 0016#_D01_012#), Faro di Molo Dalmazia – Marina di Ravenna;
- caposaldo ARPA 000620 (denominazione IGM 0016#_###_048P), Chiesa di Santa Maria in Porto – Ravenna;
- caposaldo IGM95 89702, Ravenna (Ponte sui Fiumi Uniti);
- caposaldo IGM95 89708, Cà Bosco - S.P. 1 (Ponte Canale Cerba);
- caposaldo Rete Mareografica Nazionale – ISPRA CS RMN2, materializzato esternamente alla cabina mareografica, lato est, quotato +1,4909 sul l.m.m..

Al fine di inquadrare plano-altimetricamente il rilievo di banchine e delle aree portuali nel sistema di riferimento costituito dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN) ETRS89-ETRF2000 (2008.0), nel seguito ETRF2000, con accuratezza sub-centimetrica, in data 30 novembre 2020, è stata realizzata e rilevata una rete di vertici GNSS (Figura). Sono stati utilizzati contemporaneamente 1 ricevitore Leica LEIATX1230GG e 2 ricevitori Topcon GR-3, posizionati a rotazione sui vertici HUB-BA-100, HUB_ba05, HUB_ba06 (situati all'interno dell'area portuale), sul vertice SAPC0700 (appartenente alla Rete Geodetica Costiera, RGC e sul caposaldo (CS) RMN4 (situato nei pressi della stazione mareografica di Marina di Ravenna). Un ulteriore ricevitore Trimble TRMR6 è stato posizionato sulla Torre di Controllo del Porto Turistico Marinara di Marina di Ravenna, vertice HUB01, posto in acquisizione dati per tutta la durata delle operazioni di rilievo della rete GNSS, ed utilizzato, come ricevitore base (o master) durante le operazioni di rilievo delle banchine in modalità GNSS-RTK.



Figura 5: planimetria dei vertici della rete GNSS.

Successivamente, allo scopo di attribuire delle quote riferite ad un livello medio mare locale calcolato sui dati della Stazione Mareografica di Ravenna, Marina di Ravenna, il CS RMN4 ed il vertice SAPC0700 sono stati collegati al CS RMN2 posto all'esterno della stazione mareografica.

La rete di vertici rilevati attraverso la modalità GNSS statica è stata inquadrata in ETRF2000 mediante l'uso dei dati di una rete di stazioni permanenti appartenenti alla rete NETGEO/TOPNETLIVE/FOGER.

5.1.2 Definizione del l.m.m.

Il calcolo del Livello Medio Mare Locale di Ravenna (LMML-RA) si è basato sulle seguenti fasi:

1. **aggiornamento della quota del caposaldo "Chiesa di Santa Maria in Porto – Ravenna"**; nel 2013, come già precedentemente detto, era stata utilizzata la quota IGM del 2005, senza tener conto della subsidenza intercorsa tra 2005 e 2012/13; oggi disponiamo delle mappe di subsidenza dell'ARPAE Emilia-Romagna (https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=2051&idlivello=1423) basate sulla tecnica satellitare interferometrica radar SAR che forniscono per l'area in oggetto una velocità di movimento verticale del suolo compresa tra 0 e 5 mm/anno nei periodi 2006-2011 e 2011-2016 (tali mappe non esistevano all'epoca del 2013); inoltre si può fare riferimento alla pubblicazione Cenni, Pellegrinelli del 2012 che, tramite elaborazione della stazione GNSS di Ravenna, indica un valore di

subsidenza di -2.9 ± 0.7 mm/anno nel periodo 2005-2011; ed ancora, si considera che sempre nel 2013, sulla base dei dislivelli tra il CS “Chiesa di Santa Maria in Porto – Ravenna” ed i CS IGM limitrofi, era emersa una minore subsidenza del CS “Chiesa di Santa Maria in Porto – Ravenna” rispetto alle aree circostanti; sulla base di queste considerazioni, nell’ambito del presente lavoro, si è considerata una subsidenza di **-3.0 mm/anno per il periodo 2005-2013**;

2. **dislivello tra il CS “Chiesa di Santa Maria in Porto – Ravenna” e il CS “Faro di Molo Dalmazia – Marina di Ravenna”**; la misura di questo dislivello non è stata ripetuta nell’ambito di questo lavoro, quindi si è utilizzato il dislivello rilevato nel 2012/13; insieme a questo sono stati utilizzati anche i dislivelli 2012/13 tra il CS “Faro di Molo Dalmazia” e i CS RMN1, RMN2, RMN4;
3. **calcolo del livello medio mare di Ravenna (LMML-RA)**; le misure della stazione mareografica di Marina di Ravenna sono state scaricate dal sito della Rete Mareografica Nazionale (RMN) www.mareografico.it dove si trovano i dati di livello del mare con un campionamento di 10’. Questi dati sono stati elaborati con algoritmi e procedure riconosciute a livello internazionale (IOC) e descritte sinteticamente in introduzione (punti a, b, c, d); tali algoritmi hanno permesso il calcolo del livello medio mare mensile. Purtroppo, il dato della stazione di Marina di Ravenna, per il periodo preso in considerazione, presenta ampie fasce temporali mancanti, dovute a periodi in cui il sensore, per varie problematiche, non ha effettivamente registrato la misura di livello (verificato direttamente con ISPRA). Nel dettaglio non è stato possibile calcolare il dato del mese di:
 - luglio 2014;
 - da luglio 2015 ad agosto 2016;
 - da agosto 2017 a febbraio 2019.

Queste lacune sono state riempite con i corrispondenti valori della Stazione Mareografica Integrata di Porto Garibaldi, denominata GARI, (circa 21 Km a nord rispetto a Marina di Ravenna) di proprietà di ARPAE Emilia-Romagna (precedentemente Provincia di Ferrara) i cui dati vengono gestiti e controllati mensilmente dal Dipartimento di Ingegneria dell’Università di Ferrara. GARI, oltre a due sensori di livello del mare che acquisiscono un dato ogni 10’, è dotata di una strumentazione GNSS che consente il monitoraggio continuo e contemporaneo della subsidenza della stazione stessa. In questo lavoro si sono infatti utilizzati i livelli mare di GARI dopo aver eliminato l’effetto della subsidenza grazie al dato GNSS.

Naturalmente, prima di procedere al riempimento dei livelli mancanti, i dati di GARI sono stati omogeneizzati a quelli di Marina di Ravenna calcolando lo scostamento medio sulla base dei periodi comuni. Per il calcolo si sono utilizzati solo i mesi da giugno a settembre normalmente caratterizzati da condizioni meteorologiche più “tranquille” rispetto agli altri periodi dell’anno. Lo scostamento medio è risultato pari a $+0.0357$ m (più alto il valor medio di Porto Garibaldi);

4. **effetto subsidenza sui dati di livello mare di Marina di Ravenna**; per Marina di Ravenna, a partire da settembre 2013, si è considerato l’effetto sulle misure di livello di una subsidenza lineare di **4.0 mm/anno**. Tale valore è stato ricavato utilizzando diverse fonti, in particolare:
 - mappe subsidenza ARPAE Emilia-Romagna: per il periodo 2011-2016 si deduce un valore di subsidenza compreso tra -2.5 e 5.0 mm/anno;
 - pubblicazione Zerbini et al 2017: tramite misure GNSS su un vertice a Marina di Ravenna appartenente ad una rete GNSS di proprietà dell’Università di Bologna hanno pubblicato un valore di -3.66 mm/anno, ed un valore analogo con delle elaborazioni interferometriche SAR -3.62 mm/anno;
 - dalle misure di livellazione del 2020, confrontate con le analoghe misure del 2013, appare una maggiore stabilità del sito del CS RMN4, rispetto ai CS RMN1 e CS RMN2 più in prossimità della stazione mareografica.

Dalla successione dei punti precedenti si è ottenuto un valore di livello medio mare di Ravenna calcolato sul periodo suddetto (sett. 2013-dic. 2020) pari a: $+ 0.06 \pm 0.01$ m (deviazione standard complessiva calcolata sulla base della stima delle deviazioni standard delle quattro fasi elencate). Sulla base di queste elaborazioni si ricava quindi che il livello medio mare attuale a Ravenna si è alzato di 6 cm rispetto al Genova 1942: zero delle quote per il territorio peninsulare nazionale. La quota del CS RMN2, esterno alla stazione mareografica ed utilizzato nel 2013 per inquadrare la stazione stessa, nel riferimento altimetrico locale LMML-RA assume quota +1.41 m.

La quota del caposaldo CS della Rete Geodetica Costiera (RGC) SAPC0700 si ottiene aggiungendo i dislivelli rilevati nell'ambito del presente lavoro tra i CS RMN2, RMN1 e SAPC0700. I dislivelli ottenuti dai rilievi sono:

- dislivello RMN2-RMN1 = - 0.6444 m;
- dislivello RMN1-SAPC0700 = + 1.2898 m.

Con questi valori di dislivello si ottiene una quota per il CS SAPC0700 pari a:

2.05 m \pm 0.01 m (quota ortometrica del CS SAPC0700 RGC nel riferimento altimetrico locale LMML-RA).

A seguito della riunione del 01/04/21 con AdSP, GC, RTP e Dott. Zamariolo (ANFIBIA), relativa ai riferimenti topografici utilizzati per i rilievi e per la PE, è stato specificato quanto segue (riferimento alla Relazione tecnica di livellazione e definizione del l.m. – doc 1114-E-SIN-RIL-RE-31-0 dell'08/03/2021):

- a. Il caposaldo IGM presso il faro di Molo Dalmazia, quotato da IGM nel 1990 (pag. 13 della relazione) non è attualmente accessibile
- b. Il caposaldo IGM presso la chiesa di Santa Maria in Porto risulta livellato nel 2005 (pag. 14 della relazione)
- c. La Rete Geodetica Costiera (RGC, Arpae) è stata completata nel 2017 e pubblicata ad inizio 2018 fornendo un riferimento planoaltimetrico aggiornato e condiviso per il settore costiero
- d. I rilievi effettuati hanno collegato con diverse tecniche topografiche, il caposaldo della RGC (SAPC0700), diversi vertici della rete istituita in porto per i lavori dell'HUB, alcuni vertici della stazione Mareografica a loro volta collegati nel 2012 con livellazione al caposaldo IGM di Ravenna (pag. 4 e 10 della relazione)
- e. I riferimenti topografici utilizzati sono anche stati verificati e validati impiegando stazioni permanenti (pag. 5 della relazione)
- f. L'attuale studio del LMM locale ha implementato le considerazioni già fatte nel 2012 (precedente studio di Pellegrinelli) utilizzando le mappe di subsidenza di Arpae definendo in 3mm/anno l'abbassamento nel periodo 2005-2013 (pag 14 della relazione);
- g. Utilizzando le livellazioni del 2012/2013 tra Ravenna – Molo Dalmazia – RMN1 – RMN2 – RMN4 (pag 14 relazione) l'abbassamento per subsidenza di circa 2-2,5cm è stato ricondotto ai vertici presso la stazione mareometrica
- h. Il calcolo del LMM Locale Ravenna 2020 ha consegnato il valore di 6cm (pag 15 della relazione), che tiene conto della subsidenza stimata per Ravenna e Molo Dalmazia negli anni
- i. La quota del caposaldo di riferimento della Stazione Mareografica RMN2 nel riferimento altimetrico locale (LMM Locale) diventa 1,41m (pag. 15 della relazione) mentre nel 2013 era stato definito il 1,4909 dalla livellazione effettuata da Pellegrinelli in riferimento al caposaldo IGM di Ravenna
- j. La differenza, di circa 8cm, è riconducibile per circa 6cm al valore del LMML e per circa 2cm all'effetto della subsidenza sul caposaldo IGM di riferimenti (Ravenna Santa Maria in Porto)
- k. Per il caposaldo RMN2 si può ipotizzare quindi una quota geoidica di 1,47m circa (definito in riunione IGM*)

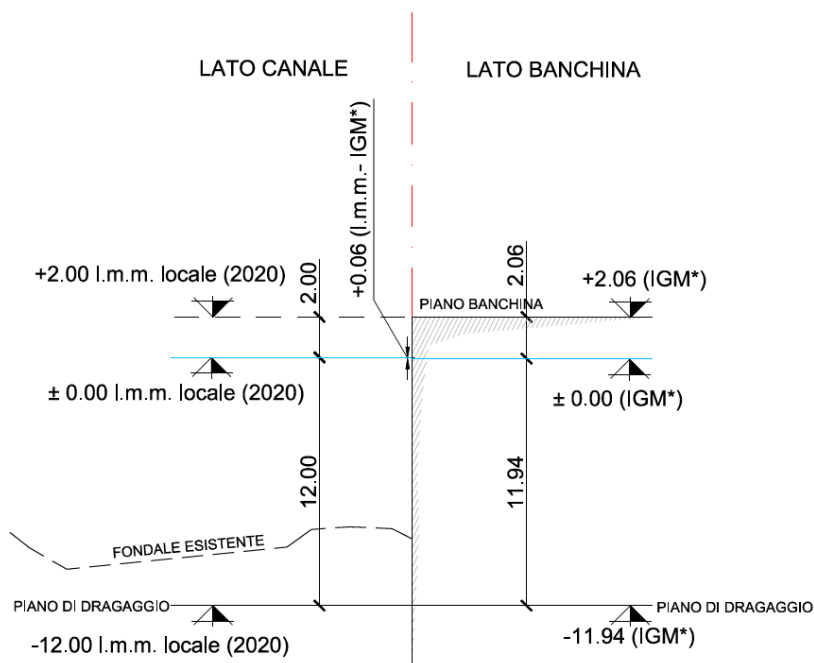
- i. Per quanto riguarda il caposaldo della RGC SAPC0700, la quota geoidica è 2,09m mentre la quota nel riferimento altimetrico locale (LMM Locale) diventa 2,05m (pag 16 della relazione)
- m. Le misure topografiche geoidiche effettuate sulle banchine portuali sono state definite partendo dalla quota 2,09m del SAPC0700 e per le considerazioni fatte e per tutto quanto spiegato in relazione possono essere ridefinite in relazione al LMM Locale, rispetto all'IGM (Genova 1942) e rispetto all'IGM* (stima in base alla subsidenza locale), come da esempio in tabella sottostante:

Punti	RGC	LMM Locale	IGM*	IGM
Banchina	2.04	2.00	2.06	2.08
RMN2	1.45	1.41	1.47	1.49
Zero	0.04	0.00	0.06	0.08
fondale 5m	-4.96	-5.00	-4.94	-4.92
fondale 12m	-11.96	-12.00	-11.94	-11.92

Si noti che i valori:

- nella colonna RGC sono riscontri di misura;
- nella colonna LMM Locale sono derivati dallo studio del MM Locale;
- nella colonna IGM sono derivati dall'ultimo valore ufficiale disponibile
- nella colonna IGM* sono deduttivi

Si riporta qui di seguito lo schema in cui sono riportate le quote riferite a l.m.m., Rete Geodetica Costiera (RGC), caposaldo IGM *, caposaldo IGM (come dettagliato nella tabella colorata riportata sopra).



E' stato convenuto con AdSP di riferire le opere a terra al caposaldo IGM * (RMN2), mentre quelle a mare al l.m.m.

5.2 RILIEVI

Come previsto nel piano indagini consegnato da GC a AdSP in data 5/10/2020 e successivi aggiornamenti del 17/11/2021 (rif. doc. 1114-E-SIN-RIL-RE-01-A) e del 06/12/2021 (rif. doc. 1114-E-SIN-RIL-RE-01-1) il Contraente Generale ha eseguito delle indagini integrative propedeutiche alla Progettazione Esecutiva che hanno lo scopo di verificare le ipotesi progettuali assunte nel progetto definitivo e di acquisire ulteriori elementi di carattere geometrico, meccanico e geotecnico al fine di assicurare un quadro di informazioni di maggiore completezza.

In particolare, le indagini integrative effettuate hanno riguardato:

- la verifica dello stato delle banchine, dal punto di vista geometrico, strutturale, geotecnico e sismico;
- la verifica – per quanto possibile eseguire indagini compatibili con le attività in corso da parte dei Concessionari:
 - a) delle interferenze attraverso la ricerca di eventuali sottoservizi esistenti (cunicoli, impianti di rete, etc.) ovvero di strutture/fondazioni presenti nel corpo delle banchine;
 - b) delle strutture di contrasto delle banchine esistenti (tiranti, strutture di ancoraggio etc.) per come riportate nel Progetto Definitivo

La sintesi delle indagini integrative previste per le banchine oggetto di PE è riportata in Tab. 2.1.

INTERVENTI	SCOPO	INDAGINI
BANCHINE ESISTENTI		
Verifica dello stato delle banchine esistenti	Verifiche paramenti e verticalità delle banchine e individuazione presenza tiranti (da mare)	Sonar, Multibeam 3D/LIDAR, OTS
	Monitoraggio planoaltimetrico del paramento e del piazzale	- Laserscanner 3D - sismica a rifrazione dei piazzali (per banchine dove previsto vibroflottazione/jetgrouting)
	Trattaroli Sud, Piomboni Nord, Trattaroli destra - indagini integrative sui materiali	prelievi di carote e prove a compressione sui cls (carbonatazione + ione cloruro), prelievo di armature
	Verifiche di penetrazione ai cloruri (non fatte nel PD) - indagini integrative sui materiali	Buchi con trapano nelle carote già prelevate o in nuove carote, prelievo polveri e analisi secondo UNI EN 1744-1
	Verifica dei parametri geotecnici, conferma dati assunti su rischio liquefazione (materiali granulari), determinazione Vs	4 sondaggi e CPTU, piezometri e prove di sissipazione, 9 SCPTU (con sismocono), MASW, REMI + georadar propedeutico a individuazione sottoservizi
Sottoservizi	Verifica dei sottoservizi esistenti/interferenze	indagini indirette e non distruttive: georadar 3D
	Presenza di torre faro (come visto in sopralluogo) - dovrebbe avere fondazioni superficiali	Verifica con parziale scoprimento e saggi

Per lo studio delle banchine è stato eseguito un sistema integrato di indagini mirato sia alla verifica della geometria delle banchine, sia al rilevamento dello stato di consistenza dei paramenti di banchina oggetto degli interventi di adeguamento funzionale al fine di evidenziare eventuali punti critici ed ammaloramenti corticali del calcestruzzo, sia – infine - al rilevamento dell'esatta posizione delle teste dei tiranti e delle tasche di alloggiamento delle testate.

Questo anche in ragione del fatto che gli interventi previsti nel progetto prevedono, in maniera diffusa e con la sola eccezione per la banchina LLOYD, un consolidamento e adeguamento funzionale con nuove strutture poste a tergo di quelle esistenti, lasciando inalterati i paramenti ed i cigli delle travi di coronamento.



Figura 6 – Planimetria con ubicazione dei punti topografici significativi e identificazione aree rilievi banchine

Sono stati eseguite, in particolare, le seguenti attività di rilievi ed indagini:

- rilievo di punti topografici significativi per la verifica dell'allineamento e delle lunghezze delle banchine;
- rilievi topografici aerofotogrammetrici con drone delle aree di banchina, per la verifica della geometria delle banchine;
- rilievi con tecnica laser scan delle banchine per il rilievo di dettaglio dei piani di banchina;
- rilievi della parte sommersa ed emersa del paramento delle banchine tramite sistemi accoppiati di LIDAR (laserscanner), multibeam e sonar con le attrezzature specialistiche montate su imbarcazioni di servizio: queste indagini hanno lo scopo di rilevare e restituire l'assetto generale delle strutture e descriverne quantitativamente gli eventuali ammaloramenti e divergenze dalla verticalità mediante lo studio della nuvola di punti e realizzazione di mesh 3D. È stata anche individuata la posizione dei tiranti;
- Indagini integrative sui materiali per le verifiche di penetrazione ai cloruri, verifiche della resistenza a compressione delle carote e resistenza a trazione delle barre di armatura: l'ubicazione dei prelievi di carote e barre di armatura per le indagini integrative è riportato in Fig. 5;
- rilievi con georadar 3D della fascia di banchina interessata dall'intervento, per individuazione dei sottoservizi esistenti ed eventuali interferenze con gli impianti. In alcune banchine sono stati anche

- aperti alcuni tombini/caditoie, per vedere le tubazioni che vi afferivano e avere indicazioni su tipo, diametro e profondità di tubazione;
- Rilievi topografici della testa dei tiranti delle banchine;
- Scavi esplorativi diffusi soprattutto alla banchina LLOYD per ricostruzione di trave su pali sommersa non segnalata in PD;
- Indagini visive con SUB;

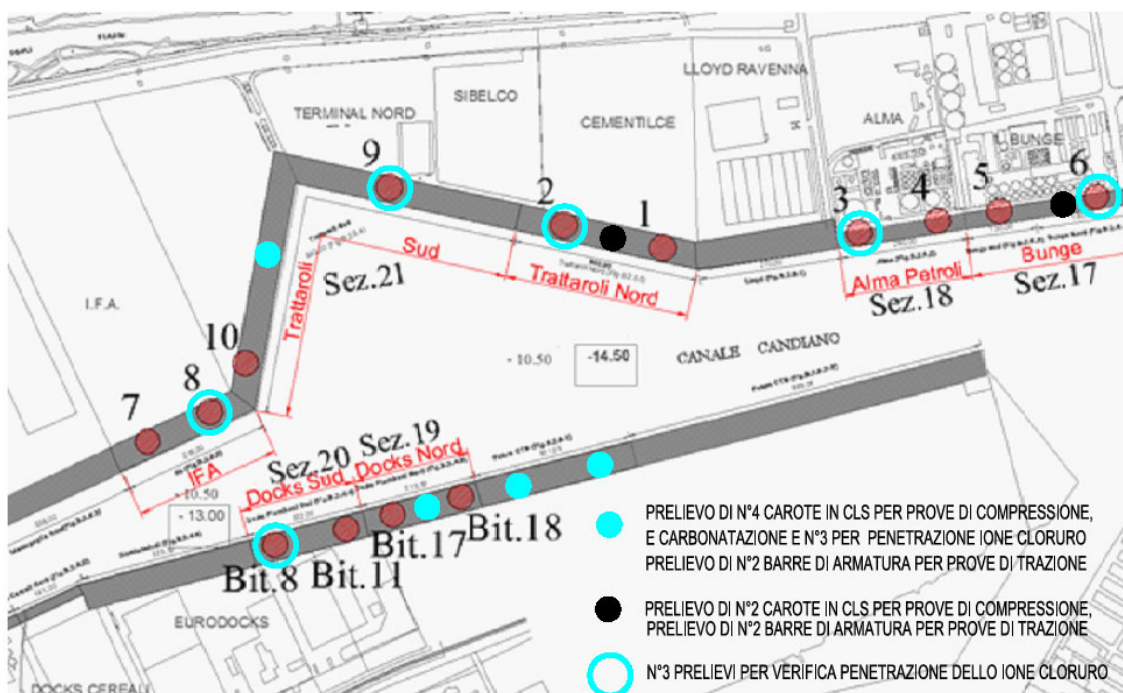


Figura 7 – Planimetria con ubicazione delle indagini integrative sui materiali per il PE

5.3 INDAGINI GEOTECNICHE

5.3.1 INTRODUZIONE

L'indagine geotecnica di progetto definitivo ha permesso di definire correttamente l'assetto stratigrafico dell'area di progetto e di fornire le informazioni necessarie per una prima caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione.

Alla luce di queste informazioni è stata tarata l'indagine di progetto esecutivo sia per le banchine che per le casse di colmata e per le aree logistiche, dove non erano disponibili indagini, infatti le uniche indagini geotecniche allegate al progetto definitivo sono quelle lungo i banchinamenti, escludendo quindi le indagini specifiche per la caratterizzazione dei terreni da dragare.

L'indagine di progetto esecutivo doveva assolvere ai seguenti obiettivi:

- Conferma/Integrazione dell'assetto stratigrafico delle aree di progetto;
- Dati sulla falda;
- Approfondimento della caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;
- Approfondimento della caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione.

Particolare attenzione è stata rivolta alla caratterizzazione sismica dei terreni ed al loro potenziale di liquefazione, eseguendo prove specifiche in sito e di laboratorio.

Questo approfondimento si è reso necessario alla luce dello studio di Eucentre “Rapporto Tecnico – Valutazione del potenziale di liquefazione al porto di Ravenna”, che è stato allegato al progetto definitivo a base di gara.

Le indagini geognostiche realizzate per il progetto comprendono: sondaggi, prelievi di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche, prove geofisiche e prove penetrometriche.

Il presente capitolo riassume in modo schematico la totalità delle indagini suddivise per macro-aree, le campagne di indagini considerate sono quelle eseguite per il PD (2014/15) e quelle del PE (2020) a cui si aggiungono ulteriori indagini pregresse.

In specifico, l'area del porto, che prevede l'intervento delle banchine, è stata interessata negli anni da numerose campagne geognostiche finalizzate alla realizzazione di diverse opere, tali dati geognostici sono risultati utili, al fine di avere una ulteriore conferma dell'assetto geologico (Tabella 1).

L'indagine geognostica di progetto esecutivo è stata suddivisa per aree di progetto:

- Banchine
- Casse di colmata
- Aree logistiche

Si riporta di seguito una breve sintesi delle attività svolte per ciascun settore, mentre si rimanda alle planimetrie di ubicazione delle indagini per la loro distribuzione areale.

5.3.2 Campagna indagini pregresse

Periodo	Impresa Esecutrice/Geologo	Opera Di Riferimento
Dicembre 1972	Pali Trevisani di Cesena	Zona P.I.R.
Aprile 1973	Studio geotecnico Dr. Radaelli e Dr. Castellotti di Segrate (Mi)	Prolungamento banchina SETRAMAR
Febbraio 1979	Tecnosol di Roma	Zona banchina FERRUZZI
Aprile 1980	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Banchine piazzale Dante della S.A.P.I.R.
Novembre 1985	Prof. Silvano Marchetti	Appalto concorso rafforzamento Molo Guardiano Destro Canale Candiano
Giugno 1987	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona EUROTERMINAL S.p.A.
Novembre 1991	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona compresa tra canale Candiano, sponda destra e canale Piombone
Novembre 1991	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Progetto esecutivo nuovo molo guardiano in sinistra canale Candiano (commissionata dalla S.A.P.I.R.)
Febbraio 1992	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona Largo Trattaroli
Febbraio 1992	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona Enichem
Aprile 1992	Acquater S.p.A. di San Lorenzo in Campo (Pesaro)	Prove laboratorio area Trattaroli sx
Luglio 1993	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Zona sviluppo S.A.P.I.R
Maggio 1995	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Località Trattaroli
8 luglio 1997	PERIGEO Dott. Geol. Guarnieri	Molo San Filippo – Porto Corsini
30 marzo 2010	ISMGEO Seriate (Bergamo)	Prove laboratorio Banchina Polimeri Europa
4 settembre 2012	SOGEO S.r.l. Dott. Porcari	Piazzale Adriatico angolo via Don G. Verità Marina di Ravenna
Dicembre 2012	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Piano urbanistico attuativo “Capitaneria di Porto” Marina di Ravenna
Febbraio 2013	Dott. Geol. Borghetti	Via Fabbrica Vecchia Marina di Ravenna
Aprile 2013	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Banchina San Vitale

Tabella 1 Lista indagini pregresse dell'area delle banchine del Porto di Ravenna. Riferimento alla data di esecuzione, all'impresa realizzatrice e all'opera per cui è stata realizzata.

5.3.3 Campagna indagini 2014 (Novembre 2014 - Gennaio 2015)

- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità di 35 m da p.c. S4/14÷S7/14, S17/14÷S19/14 (Sondedile s.r.l., 2015); 4 dei quali predisposti con tubo in PVC fino a fondo foro per prospezione geofisica Down Hole.
- prelievo n. 19 campioni di terreno indisturbati nel corso dei sondaggi sottoposti in laboratorio a prove geotecniche di classificazione (proprietà fisiche, limiti di Atterberg e analisi granulometrica), prove triassiali non consolidate non drenate (UU), consolidate drenate (CD), consolidate non drenate (CU), prove di taglio diretto (TD) e prove edometriche (EDO).
- n. 7 prove penetrometriche statiche con piezocono lato terra (CPTu): CPTu11/14÷ CPTu14/14, CPTu32/14÷ CPTu34/14 (Georicerche, 2014/15), spinte sino a una profondità variabile tra 35 e 50 m.
- n. 4 prove penetrometriche statiche con piezocono lato mare (CPTu): CPTu9m/14÷11m/14, 34m/14 (Geostudi, 2014/15), spinte sino a una profondità variabile tra 26 e 30 m dal piano di lavoro.
- n. 7 prove con dilatometro Marchetti (DMT) (Geostudi, 2014/15).

5.3.4 Campagna indagini 2020

Le indagini effettuate sono riportate in Figura 2 e nell'elaborato grafico 1114-E-SIN-GEO-PL-01-0, in cui sono riportate anche le indagini geotecniche effettuate a supporto del PD.

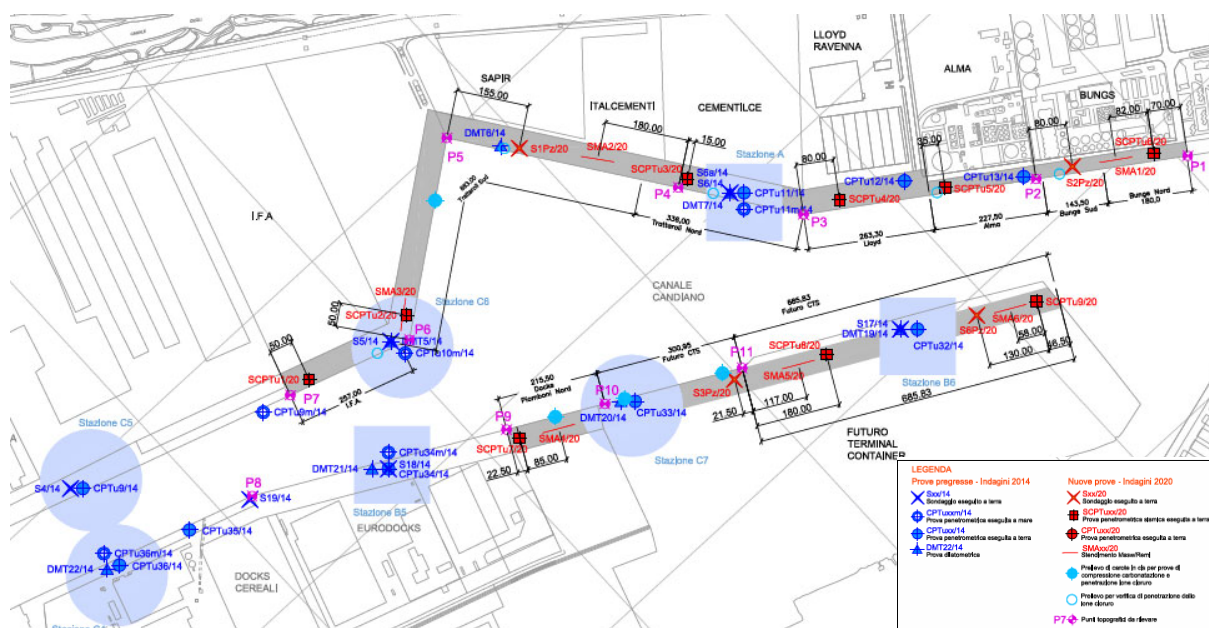


Figura 2 – Planimetria ubicazioni indagini integrative PE (rif. 1114-E-SIN-GEO-PL-01-A)

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità di 50 m da p.c. (S1Pz/20÷S3Pz/20, S6Pz/20), per ogni sondaggio sono state eseguite n.3 prove di permeabilità di tipo Lefranc; i sondaggi S1Pz/20÷S3Pz/20 sono stati attrezzati con piezometro (Ambiente S.p.a.).
- prelievo n. 21 campioni di terreno indisturbati e n. 48 campioni rimaneggiati nel corso dei sondaggi sottoposti in laboratorio a prove geotecniche di classificazione (proprietà fisiche, limiti di Atterberg, analisi granulometrica), prove triassiali consolidate non drenate (CIU), prove di taglio diretto (TD), prove edometriche (EDO) e prove triassiali cicliche (TXC) (Socotec).
- n. 9 prove penetrometriche statiche con piezocono sismico (SCPTu) spinte fino a profondità di 30/40 m, SCPTu1/20÷SCPTu9/20 e n.12 test di dissipazione su n.6 punti (Ambiente S.p.a., Nov.- Dic. 2020).

- n. 6 stendimenti MASW Multichannel Analysis of Surface Waves (SMA), SMA1+SMA6.
- n. 2 sondaggi integrativa carotaggio continuo spinti sino a profondità di 20 m da p.c. (S1A/21+S1B/21), su bachina Trattaroli Sud; in foro di sondaggio sono state condotte prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT) (Sottosuolo s.r.l.);
- prelievo n. 6 campioni di terreno indisturbati nel corso dei sondaggi sottoposti in laboratorio a prove geotecniche di classificazione (proprietà fisiche, limiti di Atterberg, analisi granulometrica), prove triassiali consolidate non drenate (CIU) (Inge s.r.l.).

6 CAMPO PROVE DI PROGETTO

6.1 UBICAZIONE DEL CAMPO PROVE

Il campo sperimentale è stato realizzato in un'area individuata in corrispondenza della penisola Trattaroli, all'interno dell'area d'intervento N1 (sopraelevazione Terminal Container), caratterizzata dall'assenza di attività operative e da una stratigrafia pressoché omogenea a quella individuata nel modello geotecnico di riferimento definito nel progetto definitivo a base d'appalto e perfezionato in fase pre-progettuale.

6.2 DESCRIZIONE DEL CAMPO PROVE

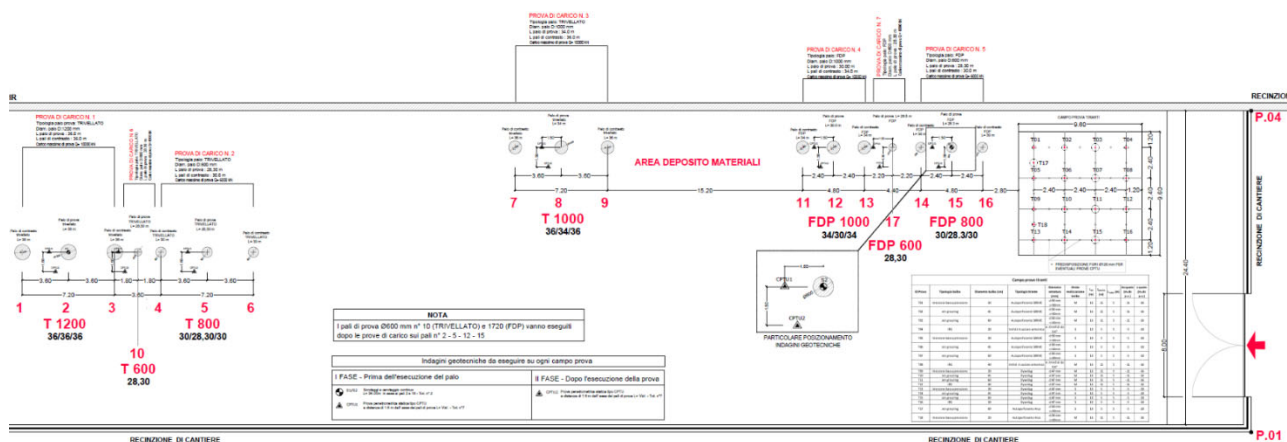
Il campo prove ha previsto la realizzazione di n°7 **pali pilota** di diametro variabile tra 600 mm e 1200 mm e lunghezze comprese tra 28 e 36 m, realizzati mediante differenti tecnologie di perforazione (trivellati e FDP), che sono stati sottoposti a prova utilizzando lo schema di trave a contrasto, vincolata ad ulteriori pali di eguale diametro e lunghezza compresa tra 30 e 36 m.

Sono stati inoltre realizzati n°18 **tiranti di prova**, con differenti tecnologie, in accordo con le soluzioni adottate nel progetto definitivo e quelle che il gruppo di progettazione intende proporre in fase di progettazione esecutiva. Le lunghezze del tratto di fondazione sono state poste eguali a 5 m, con un tratto libero pari rispettivamente, a 5 ed 11 m dal p.c., in maniera da simulare, in accordo con quanto previsto nel progetto esecutivo, sia il litotipo **S**, più superficiale, che quello **M**, più profondo.

Più precisamente, per quanto riguarda gli aspetti tecnologici, sono state realizzate:

- armature costituite da barre Dywidag d:47mm;
- armature costituite da 6 trefoli da 0,6" in acciaio armonico;
- armature tubolari cave autoperforante tipo SIRIVE o ARCO d:90 mm s = 10 mm (solo per tiranti passivi).

Le tecnologie per la realizzazione della fondazione hanno previsto l'esecuzione di bulbi a iniezioni a bassa pressione dal diametro teorico reso pari a circa 300 mm, bulbi in Jet Grouting dal diametro teorico reso dai 450 e 600 mm e bulbi eseguiti mediante tecnologia IRS, con diametro teorico reso di 300 e 400 mm



6.3 PROVE DI CARICO SU PALI

6.3.1 TIPOLOGIA E GEOMETRIA DEI PALI DI PROVA

Il campo prove ha previsto complessivamente la realizzazione di n. 17 pali (n.7 di prova – n.10 di contrasto), di diametro variabile tra 600 mm e 1200 mm con lunghezze variabili, realizzati mediante differenti tecnologie di perforazione (trivellati e FDP), al fine di sperimentare sia il comportamento della tipologia di palo prevalente previsto da progetto definitivo, ovvero palo trivellato d:1000mm e d:1200 mm. Al fine di valutare la distribuzione dello sforzo normale lungo la verticale nel corso della prova, e quindi il grado di mobilitazione dell'aliquota di resistenza laterale e quello alla punta, tutti i pali pilota e parte dei quelli di contrasto sono stati strumentati con estensimetri a corda vibrante disposti lungo le gabbie di armatura.

La campagna sperimentale ha evidenziato che le soluzioni adottate nel progetto definitivo, basate essenzialmente sull'adozione di pali trivellati in c.a. con lamierini a recupero vibro-infissi, risultano idonee a garantire le prestazioni richieste dalle infrastrutture di progetto anche con notevoli margini di sicurezza, con il vantaggio di lavorare in terreni soggetti ad un potenziale di liquefazione con bassi valori delle tensioni tangenziali.

Nel corso delle prove sono state esplorate tecnologie alternative per la formazione dei pali di medio e grande diametro, con l'esecuzione di pali CFA (Continuous Flight Auger) e FDP (Full Displacement Pile).

Le prove sperimentali hanno dimostrato che per le caratteristiche dei terreni esaminati la tecnologia CFA è da escludere in quanto per i diametri di progetto la coppia necessaria all'estrazione del materiale asportato dall'elica ad una profondità di circa 15 m risulta superiore a 200 kNm e l'estrazione parziale dell'elicoide per ridurre la coppia da imprimere all'asta di rotazione comporta la subsidenza di un'area estesa ad oltre 8.0 m dal centro del palo destabilizzandole macchie operatrici.

La tecnologia FDP, esplorata per verificare soluzioni alternative che, benché più onerose, comportano una sostanziale assenza di movimentazione di terre con significativi benefici sia in termini di riduzione delle aree di cantiere che di impatto ambientale, ha invece dato esito positivo sia per la cantierizzazione sia per i risultati conseguiti.

In particolare, si evidenzia che:

- I valori del carico limite verticale determinato con le prove sperimentali garantiscono adeguati margini di sicurezza rispetto ai carichi di progetto, anche tenendo in conto delle eventuali variabilità stratigrafiche presenti nell'ambito portuale interessato dalle opere di progetto; a tal riguardo si osserva che i dati estensimetrici mostrano che in corrispondenza del massimo carico di prova la resistenza alla punta è mobilitata per un valore compreso tra il 10 ed il 20%, coinvolgendo comunque l'intero fusto dei pali ;
- nel corso dell'esecuzione dei pali trivellati è stato possibile constatare che l'infissione del lamierino con la tecnica della vibroinfissione, necessario per i primi 18 m a partire dal p.c. per assicurare la stabilità dei terreni, comporta la formazione di un cono di subsidenza del diametro massimo dell'ordine dei 2 m rispetto l'asse del palo. Pertanto, occorrerà prevedere, in prossimità delle strutture esistenti (soprattutto quelle potenzialmente più fragili come le strutture in c.a.p. o in c.a.) un diverso sistema di infissione della tubazione di rivestimento, che dovrà essere eseguito con tecniche di avvitamento a rotazione con lamierini spessorati (min 20 mm) dotati di giunti a labirinto;
- la tecnologia FDP garantisce prestazioni decisamente migliori rispetto a quella dei pali trivellati, con valori del carico massimo, a parità di diametro, superiori del 30% ÷ 40%. Tale tecnologia, che comporta

un notevole addensamento dei terreni in prossimità del fusto del palo, non può essere adottata in prossimità di paramenti esistenti e soprattutto in prossimità di strutture potenzialmente fragili.

6.4 PROVE SU TIRANTI

Nel campo prove realizzato è stata prevista la sperimentazione anche su n. 18 tiranti pilota, caratterizzati, come i pali di cui si è detto innanzi, da diverse tecnologie e dimensioni. In particolare, al fine di testare le diverse condizioni di lavoro di tali elementi strutturali, è stata variata la tecnologia di esecuzione del bulbo di fondazione (bassa pressione, jet grouting, IRS), la tipologia di armatura (barra autoperforante, trefoli, barra dywidag) e il terreno di ammorsamento della fondazione (unità S – unità M).

Nella tabella 4 sono riassunte le caratteristiche geometriche delle diverse tipologie di tiranti realizzati.

Tabella 4 - Caratteristiche dei tiranti pilota

TIRANTE	DESCRIZIONE	Tipo BARRA	Iniezione	DIAMETRO ARMATURA e SPESSORE (mm)	STRATO BULBO	LUNGHEZZA TOTALE (m)	LUNGHEZZA PASSIVA (m)	LUNGHEZZA BULBO (m)
T01	Autoperforante SIRIVE - IBP	AUTOPERFORANTE SIRIVE	INIEZIONE BASSA PRESSIONE	d:90 mm s=10 mm	M	16	11	5
T02	Autoperforante SIRIVE - JET	AUTOPERFORANTE SIRIVE	JETTING	d:90 mm s=10 mm	M	16	11	5
T03	Autoperforante SIRIVE - JET	AUTOPERFORANTE SIRIVE	JETTING	d:90 mm s=10 mm	M	16	11	5
T04	Trefoli - IRS	TREFOLI	INIEZIONI RIPETUTE SELETTIVE	n. 6 trefoli da 0,6"	S	10	5	5
T05	Autoperforante SIRIVE - IBS	AUTOPERFORANTE SIRIVE	INIEZIONE BASSA PRESSIONE	d:90 mm s=10 mm	S	10	5	5
T06	Autoperforante SIRIVE - JET	AUTOPERFORANTE SIRIVE	JETTING	d:90 mm s=10 mm	S	10	5	5
T07	Autoperforante SIRIVE - JET	AUTOPERFORANTE SIRIVE	JETTING	d:90 mm s=10 mm	S	10	5	5
T08	Trefoli - IRS	TREFOLI	INIEZIONI RIPETUTE SELETTIVE	n. 6 trefoli da 0,6"	M	16	11	5
T09	Barre Dywidag - IBS	BARRE DIWIDAG	INIEZIONE BASSA PRESSIONE	d: 47 mm	M	16	11	5
T10	Barre Dywidag - JET	BARRE DIWIDAG	JETTING	d: 47 mm	M	16	11	5
T11	Barre Dywidag - JET	BARRE DIWIDAG	JETTING	d: 47 mm	M	16	11	5
T12	Barre Dywidag - IRS	BARRE DIWIDAG	INIEZIONI RIPETUTE SELETTIVE	d: 47 mm	M	16	11	5
T13	Barre Dywidag - IBS	BARRE DIWIDAG	INIEZIONE BASSA PRESSIONE	d: 47 mm	S	10	5	5
T14	Barre Dywidag - JET	BARRE DIWIDAG	JETTING	d: 47 mm	S	10	5	5
T15	Barre Dywidag - JET	BARRE DIWIDAG	JETTING	d: 47 mm	S	10	5	5
T16	Barre Dywidag - IRS	BARRE DIWIDAG	INIEZIONI RIPETUTE SELETTIVE	d: 47 mm	S	10	5	5
T17	Autoperforante ARCO - JET	AUTOPERFORANTE ARCO	JETTING	d:90 mm s=10 mm	S	10	5	5

T18	Autoperforante ARCO - IBP	AUTOPERFORANTE ARCO	INIEZIONE BASSA PRESSIONE	d:90 mm s=10 mm	M	16	11	5
-----	------------------------------	------------------------	---------------------------------	--------------------	---	----	----	---

L'ubicazione dei tiranti di prova è riportata in figura seguente.

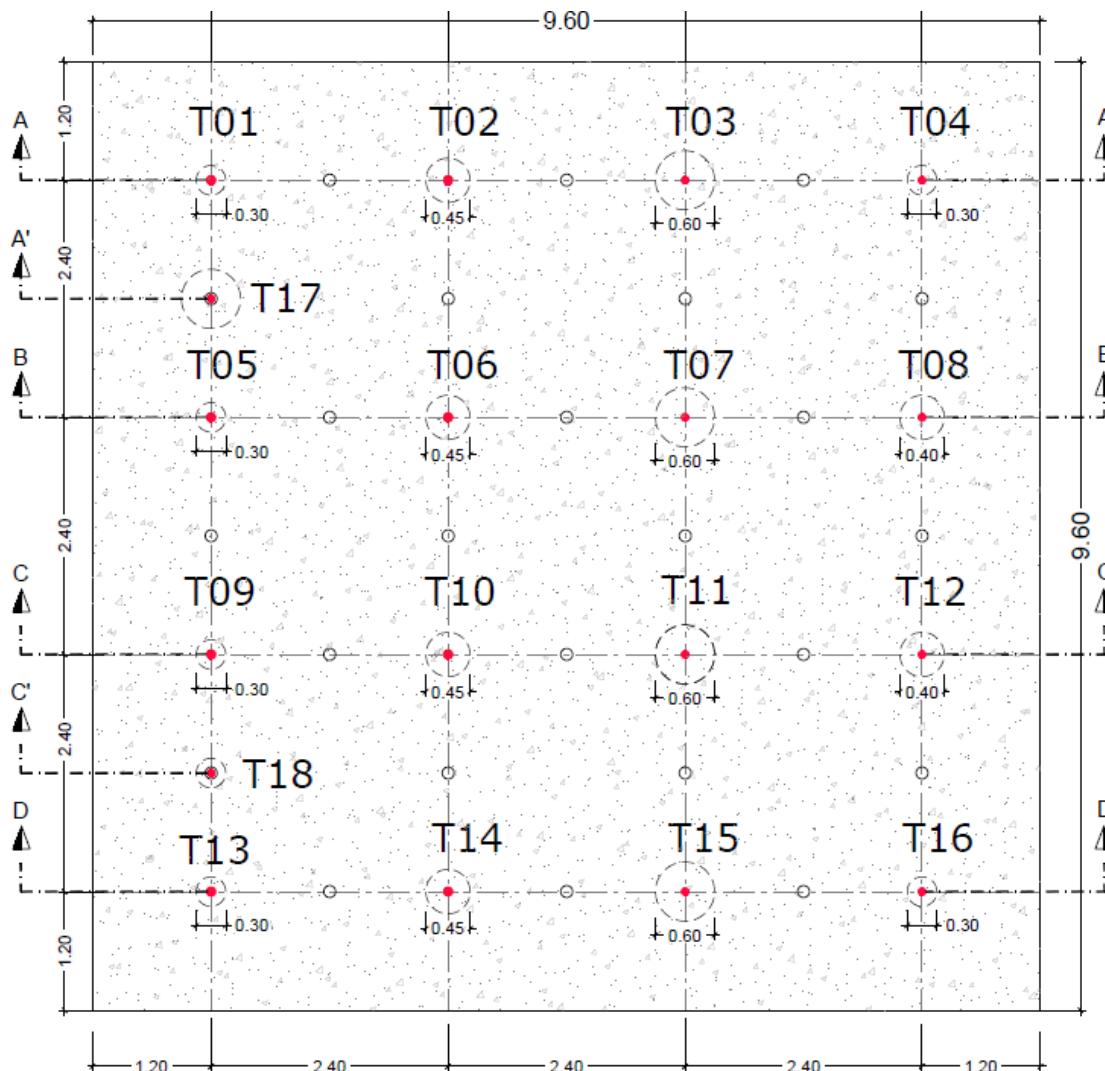


Figura 3- Schema prove di carico tiranti

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

7.1 INTRODUZIONE

L'elaborazione del modello geologico e dei modelli geotecnici deriva dalla interpretazione di tutte le prove disponibili in sito e di laboratorio sia della indagine di progetto esecutivo che di quella di progetto definitivo.

I risultati delle due indagini sono in buon accordo, così come si nota una discreta corrispondenza tra i risultati delle prove in sito e quelle di laboratorio.

7.2 ASSETTO STRATIGRAFICO

Le unità stratigrafico - geotecniche sono elencate di seguito dall'alto verso il basso della sequenza a partire dal piano campagna:

- unità R: terreni di riporto
- unità P: depositi di palude salmastra
- unità S: sabbie fini di cordone litorale
- unità M: depositi di prodelta
- unità T: strati sabbiosi trasgressivi
- unità A: depositi di piana alluvionale

Al di sotto dei terreni di riporto, presenti con spessore variabile sino ad una profondità di +1.0÷-3.0m s.l.m., e fino alla profondità di circa -8÷-13m s.l.m., si rileva la presenza delle sabbie fini di cordone litorale (unità S). Tali terreni sono costituiti in prevalenza da sabbie intercalate a livelli limosi di spessore decimetrico e presentano valori della resistenza alla punta q_c misurata nelle prove penetrometriche statiche compresa tra 2MPa e 8MPa.

Anche se senza continuità su tutta l'area indagata, al di sotto dell'unità S, è stata rilevata la presenza di terreni argillosi e torbosi, costituenti i depositi di palustri superficiali (unità P) di spessore variabile ad un massimo di 3m, caratterizzati da valori di resistenza alla punta q_c compresa tra 0.5MPa e 1.2MPa.

A seguire e sino alla profondità di -25.0 ÷ -27.0m s.l.m. si incontrano i depositi di prodelta (unità M). La litologia è caratterizzata dalla presenza di limi argillosi, ma si riconosce anche la presenza di livelli sabbiosi più consistenti dalla quota di -16.0 ÷ -23.0m s.l.m. (q_c compresa tra 0.8MPa e 3.5MPa). Si è pertanto deciso di definire le due sottounità M1 e M2.

Da -23.0÷-25.0m s.l.m. si rileva la presenza di un orizzonte granulare composto da sabbie e sabbie limose (unità T) di spessore metrico (q_c compresa tra 8MPa e 13MPa). Tale deposito è intercalato da livelli fini tanto da non venire sempre identificato nelle colonne stratigrafiche di sondaggio.

Infine e sino alle massime profondità indagate, si incontrano i depositi di piana alluvionale (unità A) caratterizzati dalla presenza di argille consistenti di spessore metrico al di sotto delle quali sono presenti alternanze di sabbie, limi argillosi, argille limose e sabbie limose in strati sottili. I livelli più sabbiosi presentano valori di resistenza alla punta q_c prossimi a 10 MPa. Si è deciso pertanto di distinguere l'unità coesiva superiore da quella essenzialmente granulare inferiore nelle due sottounità A1 e A2.

7.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ciascuna unità stratigrafica risulta essere omogenea da un punto di vista geotecnico nell'area di progetto, ovvero il campo di variabilità dei parametri geotecnici è limitato e rispecchia la naturale variabilità di un terreno a causa delle sue variazioni in termini di granulometria, plasticità, stato di addensamento o consistenza.

Si è deciso pertanto di associare a ciascuna unità geotecnica determinati valori dei parametri geotecnici, che restano costanti nell'area di progetto, si veda Tabella 7-1.

La caratterizzazione dell'unità S trattata con colonne di ghiaia è riportata e definita sulla base di una media pesata areale in funzione delle proprietà del terreno e di quelle delle colonne stesse.

Tabella 7-1 - Inquadramento geologico-geotecnico – Caratterizzazione geotecnica

Unità	Tipologia Terreno	γ/γ' kN/m ³	ν [-]	OCR [-]	e_0 [-]	C_c [-]	C_R [-]	c_v [m ² /s]	D_R [%]	ϕ'_k [°]	c'_k [kPa]	$c_{u,k}$ [kPa]	V_s [m/s]	G_0 [MPa]	E_{op} [MPa]	M [MPa]
R	Incoerente	19/9	0,25	-	-	-	-	-	-	30	-	-	140	38	13	8
P	Coesivo	18/8	0,30	1	-	-	-	-	-	28	2,5	25	150	41	7	5
S	Incoerente	20/10	0,25	-	-	-	-	-	40	34	-	-	160	52	25	15
S _{trattato}	Incoerente	20/10	0,25	-	-	-	-	-	60	36	-	-	170	60	30	18
M1	Coesivo	18,5/ 8,5	0,30	1	0,90	0,13	0,035	2E-07	-	29	5	30	175	58	9	6
M2	Coesivo	18,5/ 8,5	0,30	1	0,90	0,13	0,035	4E-07	-	30	5	45	225	95	12	8
T	Incoerente	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	250	127	42	25
A1	Coesivo	19/9	0,30	1	0,80	0,25	0,04	-	-	29	5	65	240	112	15	10
A2	Incoerente	20/10	0,25	-	-	-	-	-	50	35	-	-	260	131	50	30

Sono stati individuati due modelli geologici e quindi geotecnici nell'area di progetto, caratterizzati di fatto da un diverso spessore dell'unità S:

- modello MG1 con spessore medio di circa 11m;
- modello MG2 con spessore medio di circa 6m.

Le Tabella 7-2 e Tabella 7-3 riportano l'assetto stratigrafico medio per i due modelli, che può variare leggermente in corrispondenza delle singole banchine in funzione del locale spessore delle unità.

La Figura 3 riporta la distribuzione planimetrica dei due modelli, che sono associati alle seguenti banchine:

- MG1 per IFA e Trattaroli sud
- MG2 per tutte le altre banchine ed il futuro CTS.

Tabella 7-2 – Inquadramento geologico-geotecnico – Modello MG1

Terreno	Z_{in} [m s.l.m.]	Z_{fin} [m s.l.m.]	Spessore [m]
Unità R	2,0	-1,0	3,0
Unità S	-1,0	-12,5	11,5
Unità M1	-12,5	-19,0	6,5
Unità M2	-19,0	-25,0	6,0
Unità T	-25,0	-26,0	1,0
Unità A1	-26,0	-27,0	1,0
Unità A2	>-27,0		>5,0

Tabella 7-3 - Inquadramento geologico-geotecnico – Modello MG2

Terreno	Z _{in} [m s.l.m.]	Z _{fin} [m s.l.m.]	Spessore [m]
Unità R	2,0	-1,5	3,5
Unità P	-1,5	-3,5	2,0
Unità S	-3,5	-9,0	4,5
Unità M1	-9,0	-16,0	7,0
Unità M2	-16,0	-25,0	9,0
Unità T	-25,0	-26,0	1,0
Unità A1	>-26,0		>5,0

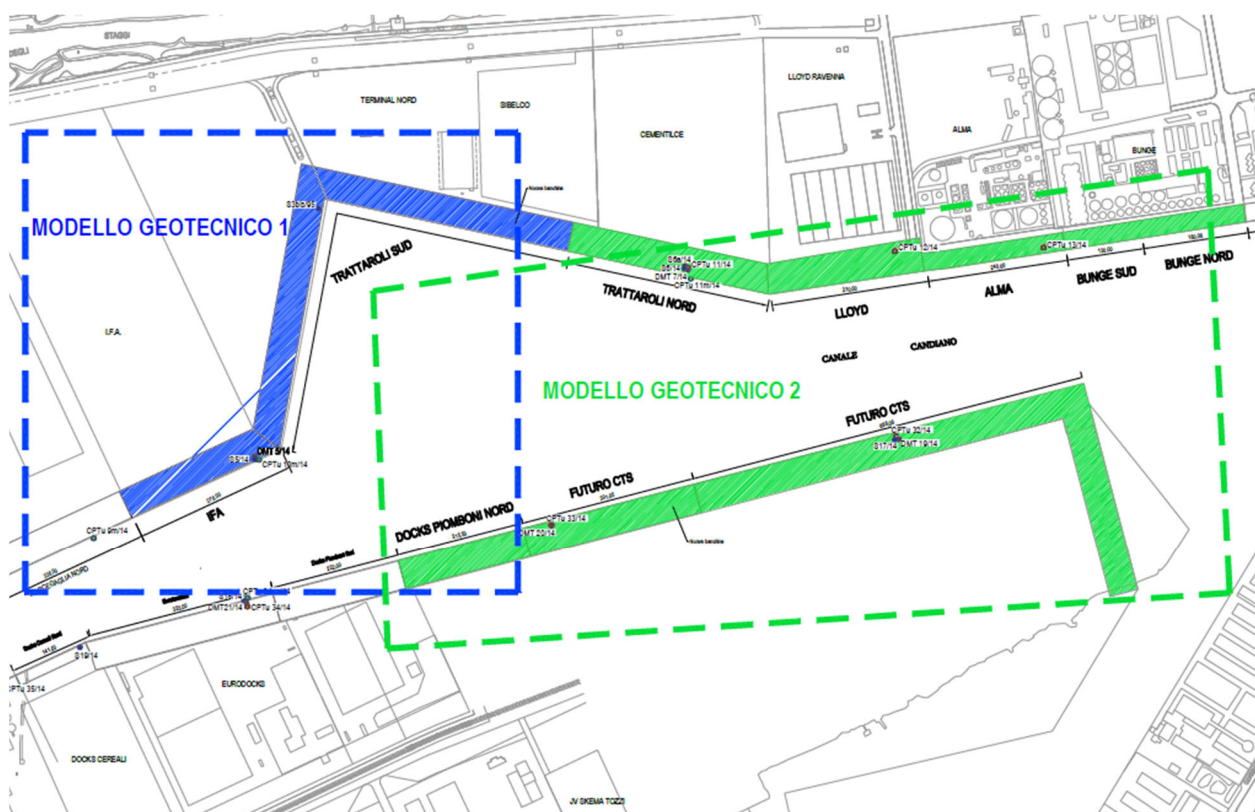


Figura 3 – Inquadramento geologico-geotecnico – Distribuzione planimetrica modelli stratigrafico-geotecnici MG1 e MG2

7.4 PARAMETRI DI RESISTENZA IN CONDIZIONI SISMICHE

In condizioni sismiche, la resistenza al taglio τ_f con riferimento al criterio di Mohr-Coulomb può essere espressa nella forma:

$$\tau_f = c' + (\sigma'_n - \Delta u) \tan \phi'$$

dove σ'_n rappresenta la tensione statica efficace normale al piano di sollecitazione agente in condizioni precedenti al moto sismico. I fattori che governano τ_f sono quindi:

- l'innescò e l'accumulo di Δu ;
- la degradazione delle caratteristiche di resistenza c' e ϕ' .

Il valore di Δu è stato definito per l'unità granulare S potenzialmente liquefacibile a partire dal grafico di Dobry (1989), si veda Figura 4, una volta definito il valore della deformazione al taglio in funzione del valore del modulo di taglio, derivato dalla analisi di risposta sismica locale RSL.

Le unità coesive sono caratterizzate da un valore del rapporto tra Δu e stato tensionale efficace molto basso, pertanto non è stato considerato nelle analisi per i terreni coesivi.

Questa analisi è stata tarata sulla base dei risultati di prove triassiali cicliche, che hanno permesso di misurare direttamente il valore di sovrappressioni neutre generato dall'azione sismica.

Il valore di Δu così stimato è risultato esser pari a 17.5 KPa per il modello MG1 (spessore maggiore di S) e a 12.5 KPa per MG2 (spessore inferiore di S), questi due valori sono stati implementati nell'unità S all'interno dei modelli agli elementi finiti per le verifiche in condizioni post-sismiche.

Si è associata alle colonne di ghiaia, previste nel progetto del nuovo terminal in penisola Trattaroli e della banchina esistente IFA, la capacità di dissipare completamente le sovrappressioni neutre, pertanto per queste banchine non sono state associate le Δu allo strato S.

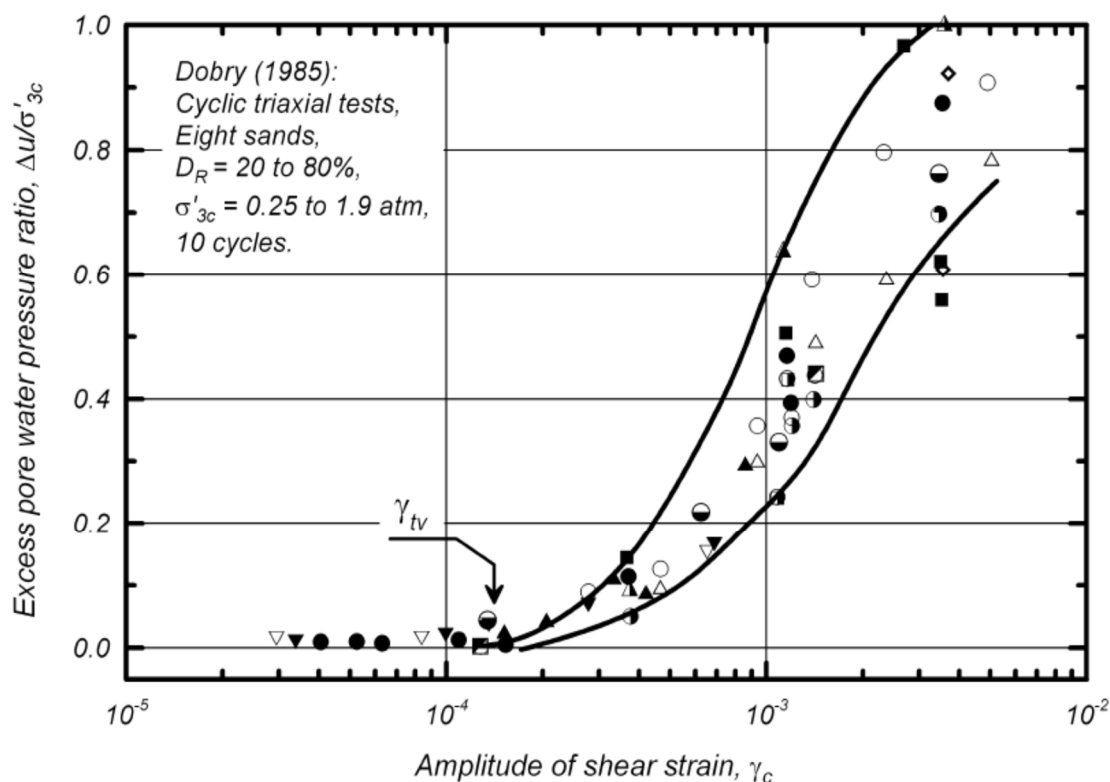


Figura 4 – Inquadramento geologico-geotecnico – Andamento di r_u con l'ampiezza della deformazione di taglio Dobry (1989)

7.4.1 CONFRONTO CON PD

È confermato l'assetto stratigrafico di progetto definitivo, che è stato dettagliato in termini di spessori delle unità e loro continuità laterale nell'area di progetto.

È stata fatta una miglioria, andando a dividere le unità M ed A in sottounità, rispettivamente M1/M2 ed A1/A2 in funzione degli ulteriori dati raccolti con l'indagine di progetto esecutivo, che hanno permesso di rivalutare le indagini di progetto definitivo.

La caratterizzazione geotecnica conferma di fatto quella di progetto definitivo con le dovute integrazioni, l'unica modifica sostanziale è stata quella di definire i valori operativi del modulo E per il dimensionamento delle banchine in funzione delle deformazioni mobilitate dalle opere stesse.

Il calcolo dei cedimenti, associati ai carichi in banchina, è stato eseguito sulla base dei valori del modulo edometrico.

Un altro affinamento rispetto al progetto definitivo è rappresentato dalla definizione dei parametri di resistenza in condizioni sismiche, così come richiesto dalle NTC18, in particolare è stato definito il valore di sovrappressione neutra, generata dal sisma, da utilizzare nei calcoli agli elementi finiti per il dimensionamento delle opere in condizioni sismiche.

Il progetto definitivo non riporta questo tipo di analisi, ma si limita ad implementare solo l'azione sismica nei calcoli senza considerare l'effetto della sovrappressione indotta dal sisma.

7.5 SISMICITA'

7.5.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica viene valutata a partire dalla cosiddetta "pericolosità sismica di base" riferita a un sito con suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

Secondo quanto indicato nel PD le opere in progetto vengono classificate con V_N di 50 anni ovvero si tratta di costruzioni con livelli di prestazioni ordinarie e con una classe d'uso III, alla quale corrisponde un coefficiente d'uso C_U di 1,5. Le azioni sismiche attese vengono valutate in relazione al periodo di riferimento V_R :

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,5 = 75 \text{ anni}$$

Utilizzando il programma "Spettri" elaborato dal M.LL.PP., l'accelerazione orizzontale di base a_g attesa su sito di riferimento rigido risulta pari a:

<i>Stato Limite di Danno (SLD)</i>	$a_g = 0.064g$
<i>Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)</i>	$a_g = 0.172g$

Questi valori sono analoghi a quelli presenti all'interno del progetto definitivo.

Per quanto concerne il valore di magnitudo da associare al suddetto evento sismico, si è fatto riferimento allo studio di Eucentre "Valutazione del potenziale di liquefazione del Porto di Ravenna".

La magnitudo è stata calcolata con le relazioni di ricorrenza di Gutenberg-Richter, che per un sisma con periodo di ritorno T_R di 75 (SLD) vale $M_W = 5.96$ e T_R di 712 (SLV) vale $M_W = 5.96$.

Il valore di progetto della magnitudo risulta essere congruente con il tempo di ritorno dell'evento sismico.

7.5.2 Studio di risposta sismica locale

In accordo con le NTC18 e con quanto riportato nello studio di Eucentre, la definizione dell'azione sismica di progetto è stata eseguita tramite il metodo di Risposta Sismica Locale (RSL) anziché secondo il metodo semplificato delle categorie sismiche dei terreni.

L'estrazione degli accelerogrammi spettro-compatibili è avvenuta tramite il software REXELite, sviluppato dalla ReLUIS e l'Università degli Studi di Napoli Federico II, nell'intervallo di magnitudo compresa tra 5.0 e 6.5 e per una distanza epicentrale compresa tra 0 e 30km in funzione della analisi di disaggregazione M-R.

Il modello geotecnico-sismico della zona centrale dell'area portuale fino alla profondità di 50m circa è stato definito sulla base dell'analisi delle indagini di progetto definitivo ed esecutivo in merito ai seguenti dati:

- assetto stratigrafico e piezometrico
- andamento del profilo V_s da prove geofisiche
- legge di decadimento del modulo di taglio da prove di laboratorio

Per la caratterizzazione degli strati profondi, ovvero oltre i 50m di profondità, sono state utilizzate le indicazioni desunte dallo studio di Eucentre e dall'analisi dei dati forniti dal SGSS-RER (2017), assumendo il bedrock ad una profondità pari a circa 350m dal piano campagna in conformità con lo studio di Eucentre.

Le analisi numeriche sono state condotte utilizzando il codice di calcolo STRATA, sviluppato presso il Geotechnical Engineering Center, University of Texas.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi di RSL con riferimento alla massima accelerazione orizzontale in superficie $a_{g,max}$ allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per i n.2 modelli geotecnici adottati:

- Modello MG1 con $a_{g,max} = 0.20g$
- Modello MG2 con $a_{g,max} = 0.17g$

Si è deciso di adottare per l'intera area di progetto delle banchine un valore di $a_{g,max}$ di 0.20g (50° percentile).

7.6 LIQUEFAZIONE

La valutazione della suscettibilità alla liquefazione sismo-indotta è stata condotta mediante un approccio semplificato basato sul metodo di Idriss & Boulanger (2014) per quanto riguarda le prove CPTu.

La procedura adottata prevede un approccio deterministico in cui la predizione del verificarsi o meno della liquefazione viene valutata sia a livello puntuale calcolando il fattore di sicurezza FS locale, sia eseguendo una stima integrata lungo la verticale, calcolando l'incidenza del fenomeno mediante l'indice del potenziale di liquefazione LPI (Liquefaction Potential Index).

Il fattore di sicurezza FS locale è stato valutato mediante il software di calcolo SETTLE 3D (vers.5.004) della Rocscience.

Le verifiche sono state svolte tenendo in conto il contenuto di fine dell'unità S ed adottando una accelerazione "free-field" pari a $a_{g,max} = 0.20g$ corrispondente ad un sisma con $T_R=712$ anni e magnitudo $M=5.96$.

Il valore di LPI individuato (Iwasaki et al., 1978 e AGI Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica) è risultato essere sempre inferiore a 5, quindi il potenziale di liquefazione è basso.

Tale risultato conferma l'approccio del progetto definitivo ovvero quello di realizzare le colonne di ghiaia solamente per il nuovo terminal in penisola Trattaroli e per la banchina esistente IFA, che oltre a possedere lo spessore maggiore dell'unità S presenta anche caratteristiche strutturali dell'opera di sostegno inferiori di tutte le altre banchine esistenti.

8 DESCRIZIONE INTERVENTI SULLE BANCHINE

Nell'ambito delle attività di PE oggetto del richiamato verbale di avvio alla progettazione del 20/1/2021 la progettazione esecutiva delle banchine riguarda in particolare l'adeguamento delle banchine esistenti così suddivise:

- Banchine A - BUNGE NORD
- Banchine B - BUNGE SUD
- Banchine D – CEMENTILCE (UNIGRA'-UNITERMINAL) – TRATTAROLI NORD
- Banchina C - ALMA
- Banchina O - LLOYD
- Banchina E, F, G, H - TERMINAL NORD – TRATTAROLI SUD
- Banchina I - IFA
- Banchina M – DOKS PIOMBONI NORD

E la costruzione del nuovo terminal container:

- Banchina N - Nuovo terminal container sopraelevazione (cantiere N1) e nuovo tratto (cantiere N2)

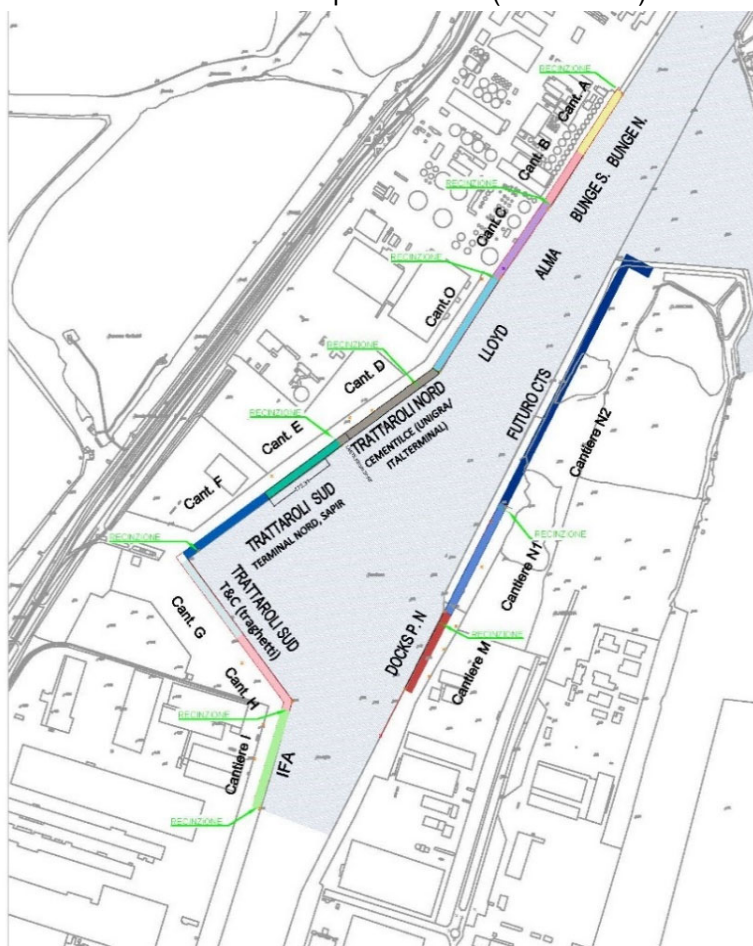


Figura 5 – Banchine - Planimetria inquadramento

8.1 NOTE GENERALI SUL PROGETTO ESECUTIVO

Il Progetto esecutivo è stato elaborato in sostanziale conformità al progetto definitivo, osservando per tutti gli interventi la prescrizione contenuta nel PRP 2012 di lasciare inalterata la larghezza dei canali; conseguentemente tutti gli interventi di consolidamento ed adeguamento funzionale sono previsti a tergo delle strutture esistenti.

A seguito delle ulteriori informazioni derivanti dalle indagini integrative sono state apportate delle integrazioni anche allo scopo di evitare, per quanto possibile, interferenze con i tiranti esistenti che caratterizzano le infrastrutture allo stato attuale.

In merito ai pali del diam d:600-800-1000-1200 mm previsti in progetto si evidenzia che i risultati del campo prova di progetto dei pali hanno pienamente confermato le soluzioni indicate nel progetto definitivo e pertanto la tecnologia prevalente adottata è quella dei pali trivellati con lamierino vibroinfisso. Tuttavia il clima vibrazionale rilevato nell'esecuzione del campo prove ha determinato la scelta che, per i soli pali da realizzare in prossimità di paratie esistenti, il lamierino sarà infisso a rotazione con l'ausilio di tubi spessorati dotati di giunti a labirinto.

In relazione ai possibili fenomeni di innesco di meccanismi di liquefazione dei terreni le indagini e gli studi eseguiti hanno confermato le scelte operate nel progetto definitivo, prevedendo trattamenti colonnari in ghiaia solo per la banchina IFA e per i terminal in penisola Trattaroli. In riferimento alla modalità di determinazione della spinta delle terre sulle paratie dovute allo sviluppo di **sovrappressioni interstiziali** nelle sabbie il Progetto Esecutivo tiene conto del possibile sviluppo di sovrappressioni interstiziali nello strato sabbioso superficiale "S" a seguito di sollecitazioni sismiche. Pertanto, nello sviluppo dei calcoli geotecnico-strutturali per le condizioni post-sismiche, di tale sovrappressione se ne è tenuto conto con valori di $\Delta u = 17,5$ kPa quando lo spessore di sabbia è maggiore (circa 10 m, modello MG1 del PE) e 12,5 kPa quando lo spessore di sabbia è minore (circa 5 m, modello MG2 del PE). Nelle banchine dove si è previsto il trattamento con pali di ghiaia del deposito sabbioso (Terminal Container e IFA) tale effetto è stato invece ignorato. La soluzione adottata è in linea con quanto concordato nella lettera di indirizzo del 17/05/2021

In relazione al **progetto degli ancoraggi** il bulbo di fondazione di questi ricade generalmente nel deposito sabbioso S (ad eccezione della banchina Bunge Nord dove ciò non risultava possibile per gli spazi a disposizione e per una serie di ancoraggi della banchina Bunge Sud).

Nelle diverse banchine si sono utilizzate 2 tipologie di armatura degli ancoraggi (Dywidag $\varnothing 47$ e barre cave autoperforanti) e 3 tipologie di bulbo di fondazione (Jetting, IRS e IGU).

Tutti i dimensionamenti geotecnici degli ancoraggi sono stati eseguiti utilizzando i risultati del campo prova realizzato, con una riduzione dei fattori di correlazione impiegati per il calcolo.

Nel progetto definitivo, a meno della sola banchina Bunge Nord, gli ancoraggi erano stati uniformati in un'unica tipologia di armatura (barre Dywidag $\varnothing 47$) e 2 tipologie di bulbo di fondazione (Jetting in generale, a meno delle banchine dove si eseguiva la vibroflottazione che prevedevano l'uso della tecnologia IRS); di contro nel progetto esecutivo sono utilizzate un numero superiore di tecnologie per gli ancoraggi

In merito alla scelta della tecnologia dei tiranti si evidenzia che, come rappresentato negli elaborati progettuali e nelle proposte allegate alla risoluzione delle criticità, si è privilegiato l'utilizzo di tiranti con barre cave autoperforanti e bulbo in jetting immerso nello strato sabbioso (S) ove assente il trattamento con formazione di colonne di ghiaia (cfr banchine Bunge Sud, Lloyd, Trattaroli Nord, Trattaroli Sud, Doks Piomboni Nord).

Per IFA, ove è previsto il trattamento colonnare, si è ritenuto di conservare la soluzione del PD (barre Dywidag con bulbo IRS)

Per la banchina Alma si è utilizzato un tirante Dywidag, simile a quello previsto nel PD, poiché il tiro agli SLV risultava maggiore rispetto alla resistenza dell'autoperforante. Si evidenzia tuttavia che agli SLV si è utilizzato, per analogia con banchine limitrofe, una categoria D avente quindi un coefficiente sismico $\psi_{02}=0.6$, differente dal PD che presentava un $\psi_{02}=0.3$, concordato con Alma. Probabilmente con $\psi_{02}=0.3$ sismico si poteva utilizzare l'autoperforante ma ci siamo sempre "accordati" di proseguire con questa soluzione.

Per la banchina Bunge Nord, considerata le interferenze con le fondazioni delle strutture limitrofe, le significative inclinazioni e le lunghezze dei tiranti (il cui bulbo è immerso nello strato M), si è preferito adottare una tipologia di autoperforante con iniezione a bassa pressione (IGU) anche in ragione delle esperienze maturate in condizioni equivalenti.

Per le banchine del nuovo terminal (N1 e N2) è stata proposta una differente soluzione progettuale, come ampiamente rappresentato e discusso nei documenti pre-progettuali agli atti.

In merito alla valutazione del coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature in acciaio dei tiranti passivi si rappresenta quanto segue:

- a) nelle banchine Alma ed IFA, dove sono state utilizzate armature dei tiranti con barre Dywidag, è stato utilizzato un coefficiente di sicurezza pari a 1.15.
- b) nelle banchine Bunge Nord, Bunge Sud, Trattaroli Nord, Trattaroli Sud, Lloyd e Docks Piomboni Nord, sono stati utilizzate armature dei tiranti in barre cave tipo Sirive in acciaio S 460 J0; per tali tiranti il coefficiente di sicurezza adottato è pari a 1,05.

Rilevato che le raccomandazioni AICAP per gli ancoraggi nelle terre e nelle rocce costituiscono un documento tecnico non cogente, da utilizzare come supporto per i progettisti e gli operatori del settore, in un'ottica di ottimizzazione delle soluzioni strutturali ai sensi delle pertinenti Norme, si è ritenuto di procedere considerando i fattori di sicurezza definiti al capitolo 4.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018

Per i tiranti previsti nelle banchine sopra richiamate, ove sono stati utilizzati tiranti con armatura in barre cave in acciaio S460J0, definito come "acciaio da carpenteria" al p.to 4.2.1.1 delle NTC 2018, il coefficiente di sicurezza per le membrature in acciai da carpenteria di qualunque classe (non soggette a problemi di instabilità) è definito alla tabella 4.2.VII delle NTC 2018 nel valore di 1,05.

In merito alla protezione alla corrosione delle barre per i tiranti che utilizzano le barre Dywidag sono stati utilizzati i medesimi sistemi di protezione previsti nel Progetto definitivo. Per i tiranti che utilizzano barre autoperforanti è stata privilegiata la soluzione di individuare un maggiore spessore eccedente quello strettamente necessario alle verifiche strutturali. In particolare a fronte dell'esigenza di utilizzare barre cave diam 90 mm spessore 10 mm si è proposto uno spessore pari a 12.5 mm, con una maggiorazione (strato di sacrificio) di 2.5 mm. Utilizzando il medesimo valore del tasso di corrosione a 65 anni utilizzato nel PD per il dimensionamento della parete combinata delle banchine (cfr, ad esempio, banchina DOKS Piomboni – relazione calcolo - pag 81), pari 0.78 mm, il valore considerato dello spessore sacrificale (2.5 mm) risulta tre volte maggiore.

In merito alla disconnessione della parte libera dell'ancoraggio dal terreno non è stato ritenuto necessario disconnettere la parte libera con soluzioni specifiche, vista la natura passiva dei tiranti (assenza di pretiro), in quanto un eventuale compenetrazione della malta con il terreno avrebbe solo effetti favorevoli. Essendo di fatto il bulbo di fondazione molto rigido, e calcolato e verificato per l'intero sforzo assiale dimensionante, il tiro viene trasferito interamente alla fondazione.

In merito alla posizione della fondazione dell'ancoraggio della banchina IFA si rileva che il progetto definitivo prevedeva ancoraggi di lunghezza totale pari a 35 m (di cui 15 m di tratto libero e 20 m di bulbo di fondazione) con inclinazione alternata di 15° e 20° resa possibile dalla prevista integrale demolizione della trave di coronamento esistente previo ancoraggio provvisorio dei tiranti esistenti.

La scelta operata nel progetto esecutivo è stata quella di non intervenire sui tiranti esistenti, ovvero non eseguire la disconnessione prima della formazione dei nuovi tiranti, prevedendo solo la parziale scarificazione della trave di coronamento esistente. Tale soluzione ha comportato una modifica dell'inclinazione dei tiranti che sono stati disposti con un angolo di 11° rispetto l'orizzontale.

La fondazione dell'ancoraggio della banchina IFA si attesta ad una profondità minima di 3,55 m da p.c. e ad una profondità massima di circa 6,30 m da p.c., con un valore medio di 4.95 m da p.c.. Nella relazione di calcolo dedicata alla banchina IFA sono riportati i calcoli di dimensionamento e la verifica di stabilità del cuneo superiore al corpo dei tiranti.

Resta inteso che le prove di idoneità degli ancoraggi disposti secondo la geometria di progetto verranno eseguite nella fase preliminare all'esecuzione dei tiranti così come previsto dalla vigente normativa, tenuto conto che il campo prova è stato effettuato su tiranti di dimensioni ridotte rispetto a quelle di progetto e ad asse verticale.

In merito alle travi di coronamento, per le banchine Bunge Sud, IFA e LLOYD il progetto definitivo prevedeva il rifacimento delle travi di banchina. Le soluzioni di adeguamento previste nel progetto esecutivo prevedono il rifacimento completo della trave della banchina Bunge Sud ed il parziale rifacimento delle travi IFA e LLOYD al fine di preservare la funzionalità degli ancoraggi esistenti. Tale soluzione risulta, come confermato dal direttore per l'esecuzione, in linea con quanto concordato nella lettera di indirizzo del 17/05/2021. In particolare:

- per la banchina IFA, ove è prevista la scarificazione parziale controllata della trave di coronamento esistente per uno spessore di 10 cm (6 cm di copriferro + 4 cm) in corrispondenza del lato interno e superiore, si prevede la spazzolatura ed il trattamento delle armature esistenti mediante applicazione di prodotti passivanti e successiva applicazione di prodotti per la ripresa di getto;
- per la banchina Lloyd, ove si prevede una consistente demolizione, benchè non totale, della trave di coronamento fino a quota +0,60 m s.l.m.m. senza comunque interferire con i tiranti esistenti, non è previsto alcun trattamento conservativo della porzione di trave residua.

Per le banchine IFA e LLOYD il progetto definitivo prevedeva la realizzazione di un palancolato a tergo della paratia esistente in grado di garantire la continuità del paramento in c.a. anche in caso di disallineamenti futuri delle strutture esistenti.

Il progetto esecutivo, dopo ampio confronto con la stazione appaltante, ha adottato delle soluzioni di consolidamento discontinue per queste banchine al fine di mantenere in servizio gli ancoraggi esistenti e la continuità del paramento è stata assicurata con interventi di sutura consistenti in perfori $\varnothing 300\text{mm}$ tra i pali strutturali nei quali viene posato un tessuto non tessuto ("calza") idoneo a contenere una malta di iniezione. Tale modalità esecutiva, come confermato dal RUP e dal Direttore per l'esecuzione, è stata ritenuta accettabile ai fini della ricostituzione della continuità del paramento di banchina.

In merito ai collegamenti tra trave di banchina esistente e solettone su pali, si evidenzia che un aspetto rilevante per le banchine sulle quali operano gru semoventi è la resistenza del giunto tra l'esistente trave di bordo ed il nuovo solettone su pali ai fini di garantire l'integrità dell'opera anche in caso di uso non appropriato dell'infrastruttura. Tale aspetto è particolarmente significativo per le banchine Bunge Sud, LLOYD, Trattaroli Nord e Trattaroli Sud.

Il Progetto Esecutivo ha previsto un giunto robusto, con numerosi inghisaggi costituiti da barre d'armatura di grande diametro.

In merito alla valutazione delle posizioni degli stabilizzatori delle gru di banchina considerate nel modello numerico:

Nella modellazione delle banchine Bunge Sud e Trattaroli Nord tramite software SAP 2000 si sono considerate le seguenti posizioni del carico dovuto agli appoggi delle gru di banchina, in quanto valutate come maggiormente critiche per le strutture considerate:

1. Posizione intermedia tra due file di pali considerate in direzione trasversale e adiacente alla trave di coronamento della banchina;
2. Posizione allineata ad una fila di pali considerata in direzione trasversale e adiacente alla trave di coronamento della banchina;
3. Posizione adiacente ad una fila di pali considerata in direzione trasversale e adiacente alla trave di coronamento della banchina;
4. Posizione intermedia tra due file di pali considerate in direzione trasversale ed intermedia tra le due file di pali più arretrate rispetto al mare considerate in direzione longitudinale;
5. Posizione allineata ad una fila di pali considerata in direzione trasversale, ed intermedia tra le due file di pali più arretrate rispetto al mare considerata in direzione longitudinale;
6. Posizione di bordo in corrispondenza del giunto con la banchina successiva ed intermedia tra le due file di pali più arretrate rispetto al mare considerate in direzione longitudinale.

Nella modellazione della banchina Trattaroli Sud, come meglio illustrato nella relazione dedicata, le condizioni di carico tengono conto di n.4 stabilizzatori posizionati ad interasse pari a circa 12,00 x 12,00 m. Al fine di modellare in maniera più dettagliata il carico derivante dagli stabilizzatori della gru in condizioni di massimo carico, sono state considerate n. 4 condizioni di carico Q1, Q2, Q3, Q4 al fine di individuare le condizioni più critiche per i diversi elementi strutturali:

- gru posizionata con n.2 stabilizzatori in prossimità del ciglio di banchina e n.2 stabilizzatori in corrispondenza della asse dei pali della III fila;
- gru posizionata con n.2 stabilizzatori in corrispondenza della mezzeria tra la I fila e la II fila di pali;
- gru posizionata con n.2 stabilizzatori in asse ai pali della fila II;
- gru posizionata con n.2 stabilizzatori in corrispondenza della mezzeria tra la II fila e la III fila di pali.

In merito alle **prestazioni del paramento di banchina** le soluzioni di Progetto Esecutivo per l'adeguamento delle banchine esistenti generalmente sono uno sviluppo degli schemi strutturali previsti in Progetto Definitivo, talvolta con variazioni delle scelte tecnologiche. Come confermato dal RUP e dal Direttore per l'esecuzione, il cambio di tecnologia tra PD e PE è ovviamente coerente con il ruolo del Contraente Generale.

In via preliminare si rappresenta che le soluzioni adottate risultano pienamente coerenti con le cogenti prescrizioni delle NTC 2018; dette soluzioni, come peraltro richiesto dalla Stazione Appaltante, hanno tenuto conto della necessità di ottimizzare i costi che per alcune banchine sono lievitati per effetto del superamento di criticità non valutate nel progetto definitivo per carenza di informazioni e dati. Pertanto, le armature dei pali delle paratie poste a tergo delle pareti combinati esistenti sono state dimensionate in relazione all'effettivo quadro sollecitativo e non già per raggiungere le resistenti individuate nel progetto definitivo. Ovviamente l'incremento della capacità resistente di tali membrature strutturali resta comunque possibile con un notevole incremento delle armature e dei costi a carico della Stazione Appaltante

Il progetto definitivo prevedeva una soluzione, solo per la banchina Lloyd, per la posa in opera di una parete combinata anteposta, lato mare, a quella esistente, utilizzando la dimensione dello sbalzo (99 cm) dell'esistente trave di coronamento. I rilievi di dettaglio del paramento hanno dimostrato che anche per tale banchina si doveva procedere con uno schema simile a quello adottato per tutte le altre banchine, ovvero intervenendo a tergo delle strutture esistenti.

In merito alle prestazioni del paramento della banchina Lloyd è necessario rappresentare che le modifiche apportate nel progetto esecutivo derivano dal rilievo delle opere esistenti che risulta molto diverso da quello indicato nella precedente fase di progettazione. La struttura della banchina LLOYD è ben più profonda di oltre 10 m della parete combinata prevista nel progetto definitivo; inoltre la paratia di pali in c.a. $\varnothing 800$ ad interasse $i = 0.90$ m prevista dal PE presenta una rigidezza flessionale EI pari a 761 000 kNm²/m, superiore a quella del palancolato metallico previsto nel PD pari a 706 400 kNm²/m; la soluzione prevista da Progetto esecutivo prevede dunque una struttura più robusta e caratterizzata da una maggiore inerzia rispetto a quanto previsto dal Progetto definitivo. In termini di resistenza, i pali in c.a. $\varnothing 800$ sono armati con 20 $\varnothing 24$ in acciaio B 450 C, sufficienti a garantire un valore del momento resistente adeguato alla sicurezza richiesta dall'opera secondo le NTC 2018. Un incremento del momento resistente, seppur non necessario, sarebbe comunque ottenibile incrementando l'armatura dei pali, con notevole un notevole incremento dei costi che, allo stato, è stato escluso dal RUP.

Per quanto attiene al maggior dettaglio delle motivazioni che hanno determinato le scelte adottate in sede di progettazione esecutiva, si rinvia ai contenuti delle relazioni illustrative ed ai documenti emessi per l'analisi delle criticità.

La soluzione prevista nel progetto definitivo per il cantiere N2 prosegue l'intervento, a doppia cortina, già eseguito nell'adiacente tratto N1. Tuttavia, mentre nel tratto N1 non era possibile una soluzione alternativa, per il tratto N2 si è ritenuta preferibile, in accordo al RUP ed al Direttore per l'esecuzione, una soluzione in grado di prevedere un'unica cortina (parete combinata) per la nuova banchina di progetto. Proprio in relazione al nuovo terminal container (cantiere N2) lo spostamento in testa alla paratia risulta pari a 17 cm (inferiore rispetto allo spostamento massimo consentito da normativa pari a 19 cm) agli SLE in condizioni di massimo carico risulta paragonabile allo spostamento della palificata della seconda via di corsa della gru.

In merito all'adozione dei coefficienti di combinazione dei carichi variabili si evidenzia che, come concordato con il RUP ed il Direttore per l'esecuzione, nel progetto esecutivo sono stati utilizzati coefficienti di combinazione uniformi e coerenti con il PD per i sovraccarichi di banchina.

Di seguito si procede ad una descrizione qualitativa delle opere previste nel progetto esecutivo, rimandando comunque agli elaborati grafici ed analitici di PE prevalenti sulle indicazioni quantitative qui riportate.

8.2 LUNGHEZZE E QUOTE BANCHINE

Come già descritto nelle relazioni di criticità, consegnate in data 09/03/21 dal GC a AdSP, a seguito dei rilievi effettuati a supporto del Progetto esecutivo, è stato effettuato un confronto tra i dati rilevati (lunghezze e quote delle banchine e dei piazzali) e quelle desunti dal progetto definitivo.

Nella seguente tabella è riportato un confronto tra i dati rilevati (lunghezze) e quelle desunti dal progetto definitivi.

Tabella 8-1 – Banchine: lunghezze PE e PD

			PD	PE-Rilievo 2020
		BANCHINA	CANTIERE	LUNGHEZZA (m)
			LUNGHEZZA (m)	LUNGHEZZA (m)
SPONDA SIN	BUNGE NORD	A	180,00	180,30
	BUNGE SUD	B	143,40	144,93
	ALMA	C	227,50	227,53
	LLOYD	O	263,30	269,81
	TRATTAROLI NORD	D	302,66	302,66
		E	52,84	52,84
	TRATTAROLI SUD	E	174,80	172,32
		F	252,00	252,00
		G	230,00	230,00
		H	226,27	233,40
IFA	I	257,00	250,16	
SPONDA DX	DOKS PIOMBONI NORD	M	215,50	215,86
	SOPRELEVAZIONE TERMINAL	N1	300,95	301,16
	NUOVO TERMINAL CONTAINER	N2	656,63	656,51
	NUOVO TERMINAL CONTAINER	TESTATA N2	75,14	75,12
			3557,99	3593,6

Come riportato nella relazione di cantierizzazione (rif. doc. 1114-E-GEE-CAN-RG-01-1), la suddivisione dei cantieri adottata nel PE per la realizzazione delle banchine di Trattaroli Nord e Trattaroli Sud, che rispetta quella concordata con i concessionari per permettere l'attracco delle navi durante i lavori (rif. Figura 6 e Tabella 8-2).

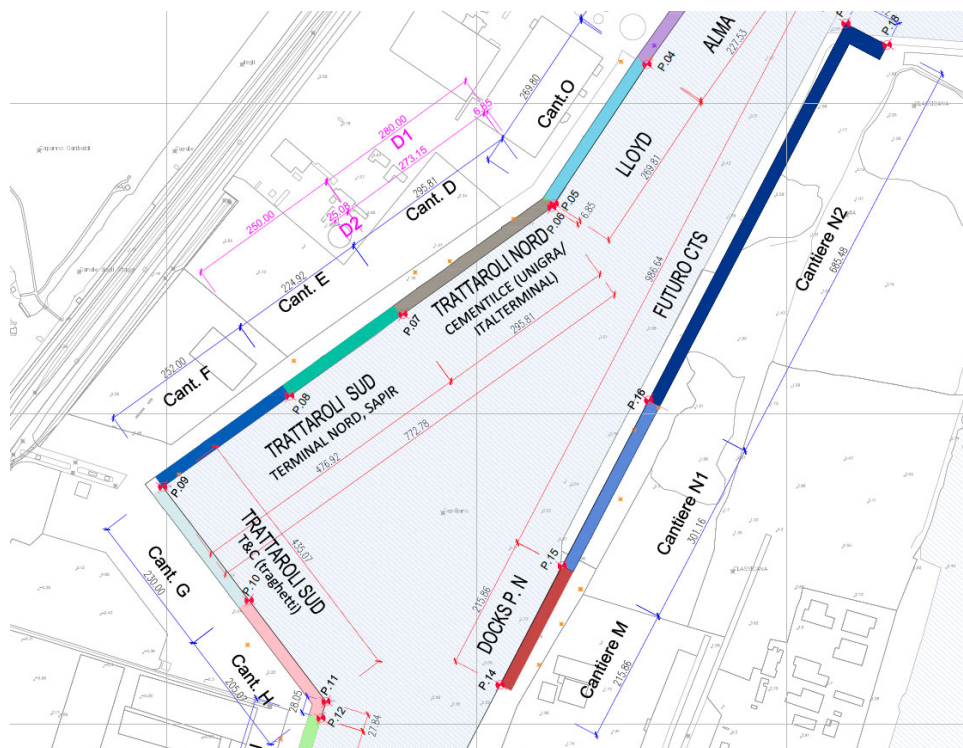


Figura 6 – Sviluppo Fasi di cantierizzazione banchine Trattaroli nord e Trattaroli sud (Cantieri D, E, F e G)

Tabella 8-2 – Banchine Trattaroli Nord e Sud: PE e PD

BANCHINA	PD		PE	
	LUNGHEZZA (m)		CANTIERE	LUNGHEZZA (m)
TRATTAROLI NORD (D e E)	D	280	D1	280
			D2	25.08
	E	250	E	52.84
TRATTAROLI SUD (E-F; G-H)			E	172.32
	F	252,00	F	252,00
	G	230,00	G	230,00
	H	226,27	H	233,40

Per le quote di progetto adottate nel Progetto Esecutivo si fa riferimento alla nota del RUP del 07/05/2021 (prot. 3799).

Tabella 8-3 – Banchine: quote PE

CANTIERE	BANCHINE	TRAVE CORONAMENTO		PIAZZALE			
		QUOTA RILIEVO	QUOTA PROGETTO	QUOTA RILIEVO MAX	QUOTA RILIEVO MIN	QUOTA PROGETTO MAX	QUOTA PROGETTO MIN
A	BUNGE NORD	2,06	2,06	0,55	0,27	0,56	0,56
B	BUNGE SUD	2	2,56	0,56	-0,23	0,4	0,18
C	ALMA	1,97	2,56	1,83	1,43	1,86	1,43
O	LLOYD	2,06	2,56/2,06	2,06	1,69	2,06	1,69
D	TRATTAROLI NORD	2,32	2,32	2,27	1,92	2,27	1,92
E	TRATTAROLI SUD E	2,31	2,31	2,31	1,97	2,31	1,97
F	TRATTAROLI SUD F	2,31	2,31	2,31	2,11	2,31	2,11
G	TRATTAROLI SUD G	2,31	2,31	2,31	1,96	2,31	1,96
H	TRATTAROLI SUD H	2,31	2,31	2,31	2,11	2,31	2,11
I	IFA	1,76	2,56	2,06	1,76	2,56	2,06
M	DOCKS	2,31	2,31	2,31	1,96	2,31	1,96
N1	TERMINAL SOPRAELEVAZIONE	2,22	3,56	1,98	1,83	3,56	3,36
N2	NUOVO TERMINAL	var	3,56	var	var	3,56	3,36

8.3 ADEGUAMENTO BANCHINE ESISTENTI

8.3.1 BANCHINA A- BUNGE NORD

Tra le banchine oggetto dell'intervento di adeguamento vi è anche la Banchina "A" – BUNGE NORD.

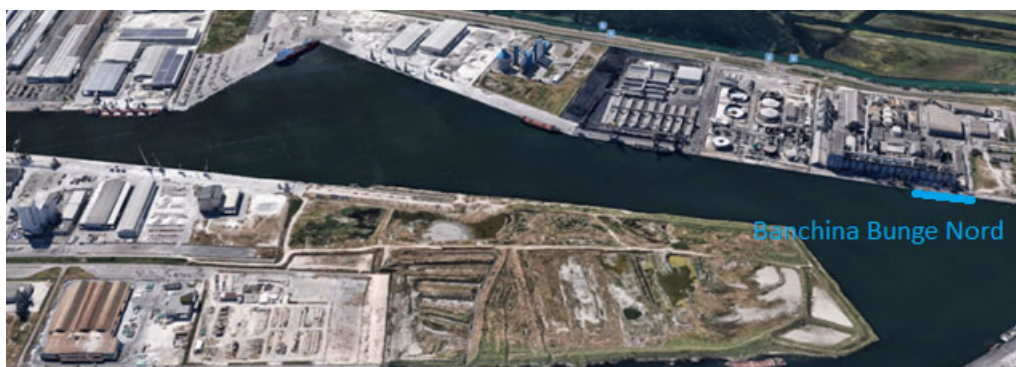


Figura 7 – Ubicazione della banchina Bunge Nord (Banchina "A")

Trattasi di un tratto di banchina di 180.42 m costituita da elementi realizzati in due fasi distinte:

- Opere realizzate negli anni 60: un palancolato metallico con tiranti, una fila di pali in calcestruzzo armato collegati da un cordolo di coronamento, un diaframma in c.a
- Opere realizzate nel periodo 2010-2013 costituito da un palancolato in acciaio, Uno sviluppo di pali trivellati in c.a., Una serie di colonne in jet grouting Un ulteriore sviluppo di pali trivellati realizzati ad elica continua Una soletta di collegamento con trave di coronamento in c.a, un ordine di tiranti attivi

Una sezione tipo è illustrata nella figura seguente.

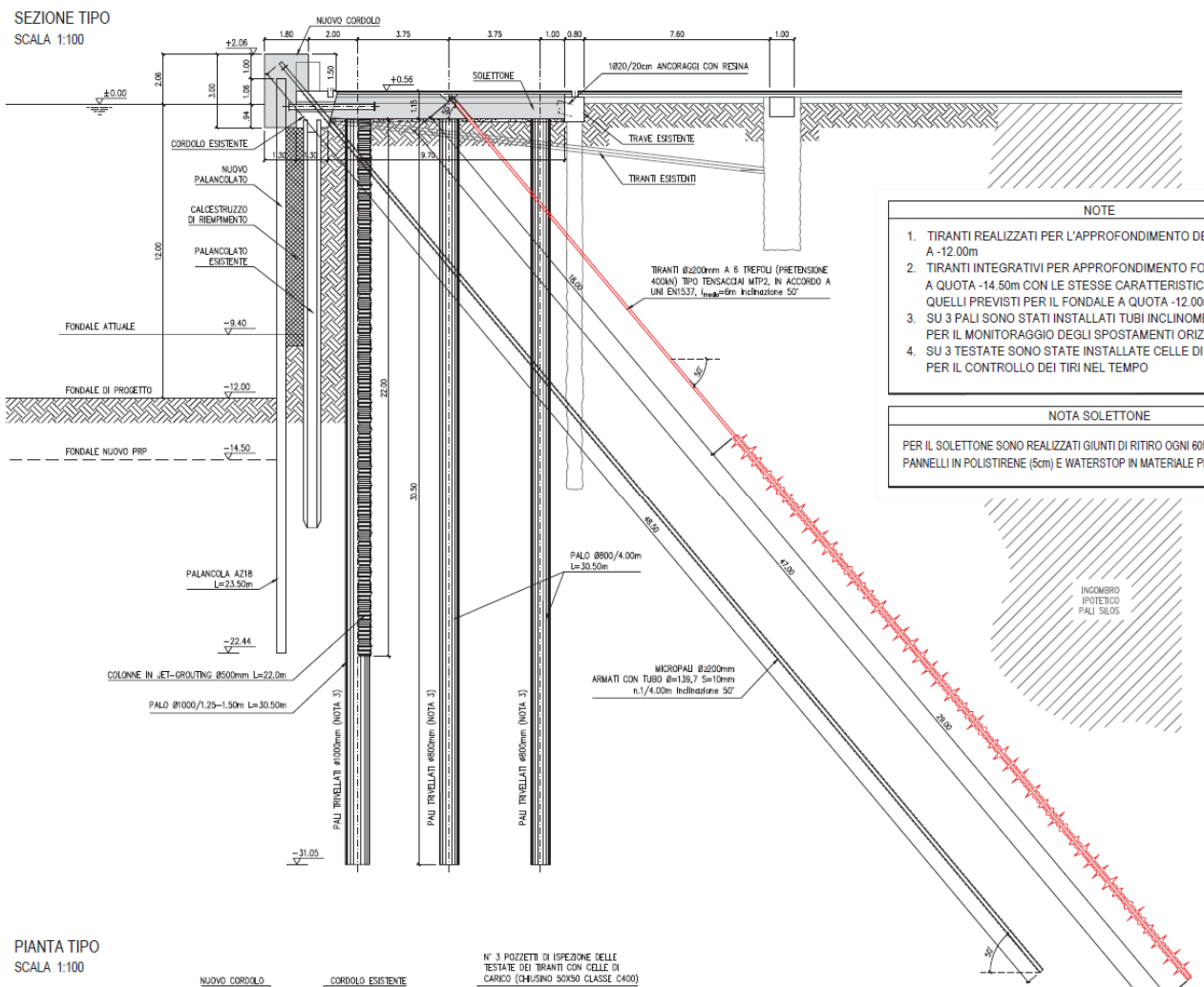


Figura 8 Sezione tipo della banchina "A" nella situazione attuale

L'intervento di adeguamento si rende necessario per rendere compatibile il banchinamento alle prestazioni previste dal piano regolatore vigente che prevedono, in particolare, un fondale operativo a -14,50 m da livello medio mare.

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera è stata studiata considerando che la struttura esistente è recente.

Sulla base delle verifiche effettuate si è optato per una soluzione finalizzata ad incrementare le strutture di ancoraggio al fine di garantire la stabilità strutturale anche a seguito dell'approfondimento del fondale antistante.

La soluzione proposta prevede la realizzazione di una serie di ancoraggi autoperforanti in barre d'acciaio cave manicottabili (del tipo TITAN di Ischeback o Self Drilling Anchors di Sirive o simili) con punta a perdere.

Il tirante sostitutivo risulta più rigido e consono pertanto alla situazione prevista, oltre a garantire grazie all'iniezione continua un complessivo miglioramento delle caratteristiche dei terreni attraversati.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina Bunge Nord.

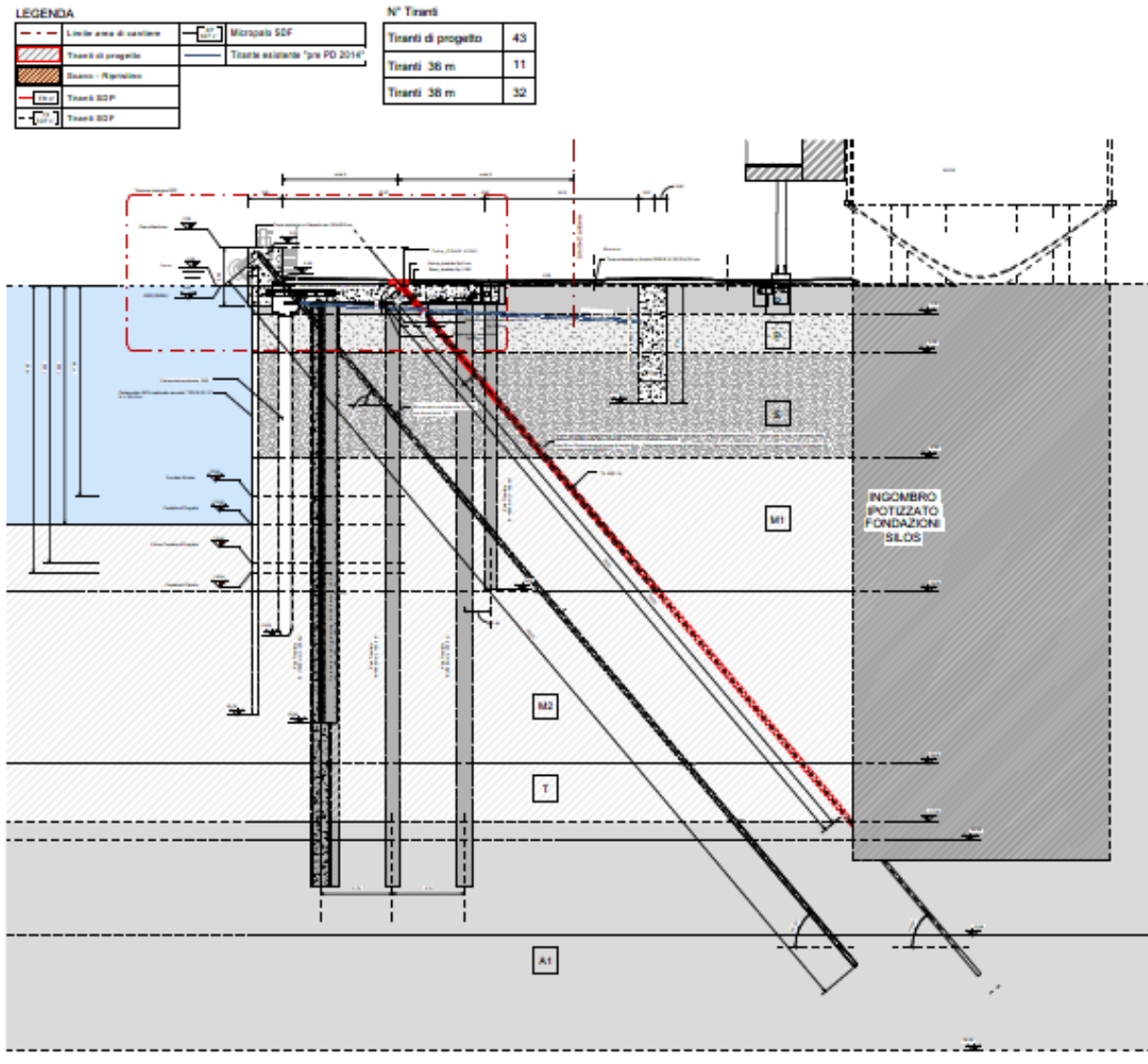


Figura 9 – Sezione adeguata della banchina A

La realizzazione dell'intervento si articola nelle seguenti fasi:

- Rimozione della pavimentazione esistente
- parziale demolizione del calcestruzzo ricoprente le predisposizioni per i tiranti realizzate nel 2013;
- realizzazione dei nuovi tiranti di ancoraggio;
- ripristino della soletta e della pavimentazione.

8.3.2 BANCHINA B - BUNGE SUD

Tra le banchine oggetto dell'intervento di adeguamento vi è la banchina Bunge Sud (Banchina "BAB").

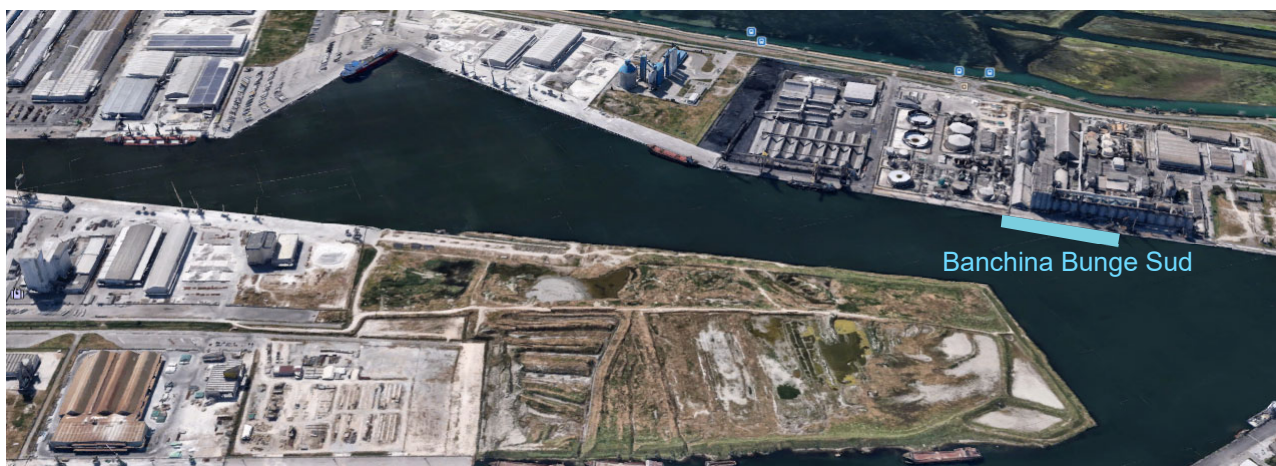


Figura 10 – Individuazione della banchina Bunge Sud (Banchina "B")

Trattasi di un tratto di banchina di 144 m costruito tra il 1988 ed il 1991 a servizio di un'area dell'Italiana Olii e Risi, oggi in concessione alla società multinazionale Bunge Limited.

Il tratto di banchina in questione è costituito da un palancoato combinato in acciaio ancorato in sommità con tiranti a bulbo iniettato. L'opera è stata realizzata tra il 1988 ed il 1991 con un progetto analogo a quello della vicina banchina Alma Petroli.

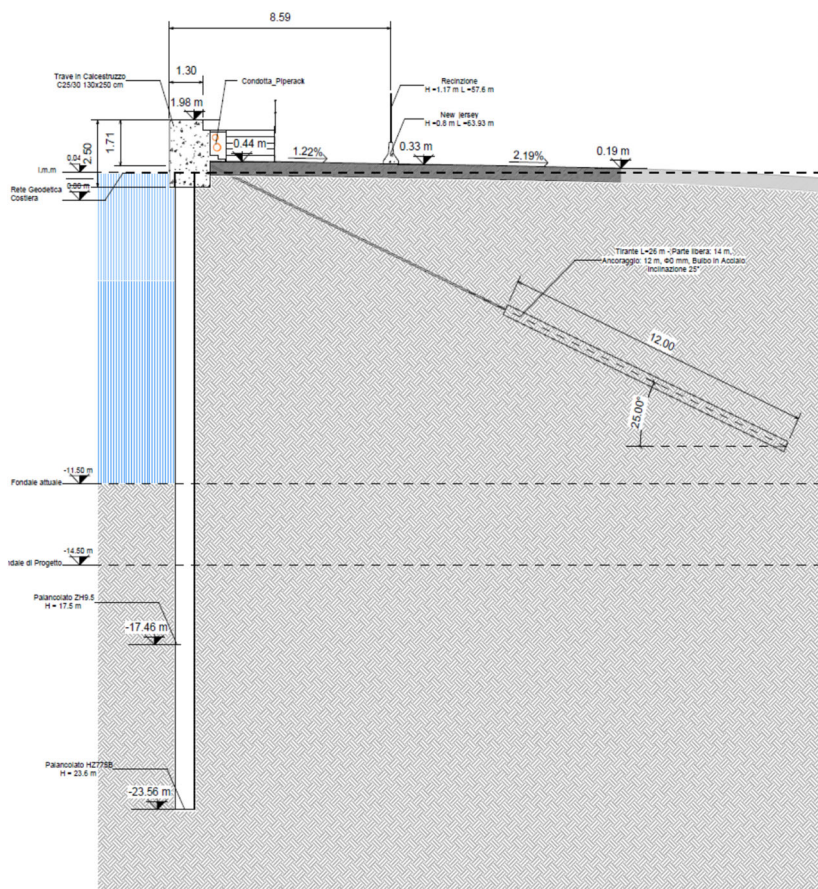


Figura 11 Sezione tipo della banchina Bunge Sud nella situazione attuale

L'intervento di adeguamento si rende necessario per rendere compatibile il banchinamento alle prestazioni previste dal piano regolatore vigente che prevedono, in particolare, un fondale operativo a -14,50 m da livello medio mare.

Il progetto di intervento sul banchinamento, agendo su una struttura completamente realizzata e introducendo significative variazioni delle sollecitazioni, va inquadrato nell'ambito degli interventi di adeguamento di strutture esistenti, ai sensi delle previsioni del capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle Norme vigenti (DM 17 gennaio 2018).

L'intervento la costruzione di una piattaforma di scarico su pali, ancorata a nuovi tiranti di ancoraggio con barra in acciaio autoperforante e bulbo in jet-grouting, nonché il rifacimento della trave di banchina.

Considerando inoltre che i terreni superficiali dell'area in esame sono piuttosto scadenti ed in accordo con i risultati ottenuti dal campo prove in penisola Trattaroli realizzando la fondazione degli ancoraggi con la tecnica del jet-grouting, si prevede che i nuovi ancoraggi vengano realizzati con tale tecnologia.

Le nuove opere comprendono:

- tre allineamenti di pali, di cui il primo lato mare $\varnothing 1200$ e il secondo e terzo $\varnothing 1000$, estesi fino a -35 m da l.m.m. (da -1,04 a -35,50 m da l.m.m.), alla distanza di 2,5 – 8,0 – 13,5 m circa dall'asse del palancolato metallico e ad interasse medio di 3,8 m tra le file (in direzione longitudinale);
- solettone di ripartizione in calcestruzzo armato, al di sopra dei pali (tra -1,04 e -0,04 m su l.m.m.), di larghezza pari a 14,20 m a tergo della trave sommitale esistente ed altezza pari a 1,00 m;
- n° 56 ancoraggi integrativi realizzato da mare, di lunghezza 32 m, inclinazione 20° sull'orizzontale, con 16 m di parte libera e 16 m di fondazione, armato con barra autoperforante con doppia protezione ed interasse medio di 1,875 m; il bulbo di fondazione realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;
- n° 21 ancoraggi integrativi realizzato da mare, di lunghezza 32 m, inclinazione 30° sull'orizzontale, con 16 m di parte libera e 16 m di fondazione, armato con barra autoperforante con doppia protezione ed interasse medio di 1,875 m; il bulbo di fondazione realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;
- realizzazione della nuova trave di banchina 1,0 × 3,0 m (B × H), con sezione maggiorata in corrispondenza delle bitte.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina Bunge Sud.

TABELLA TOTALI TIRANTI

Tiranti di progetto	77
Tiranti inclinati a 20°	56
Tiranti inclinati a 30°	21
Tiranti da demolire	17

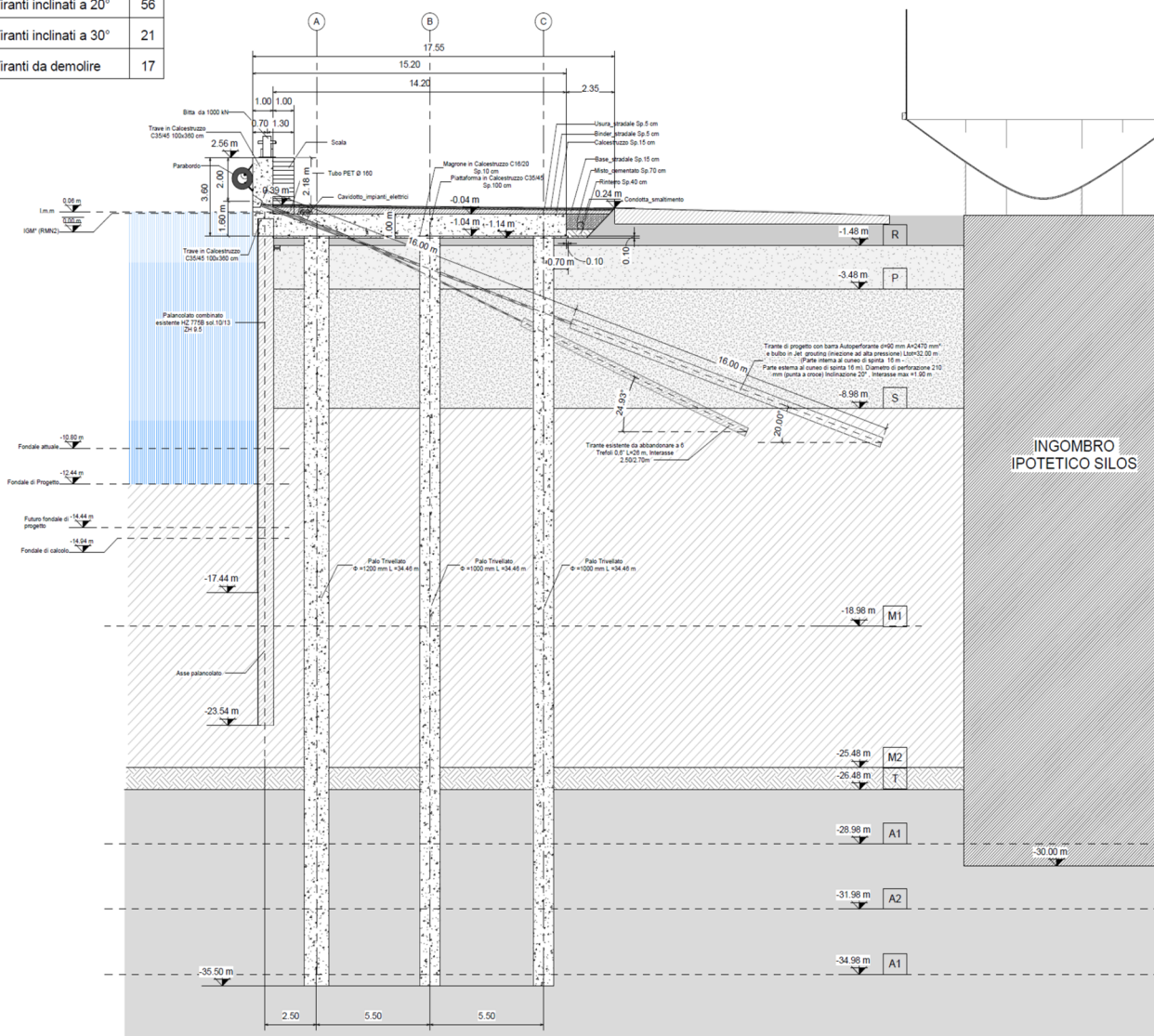


Figura 12 – Sezione adeguata della banchina BUNGE SUD con tiranti a 20° sull'orizzontale

La realizzazione dell'intervento si articola nelle seguenti fasi:

- Fase 1 – Rimozione della pavimentazione e individuazione dei tiranti esistenti.
- Fase 2 – Realizzazione nuovi pali (prima verranno realizzati i pali non interferenti con i tiranti esistenti e solo alla fine quelli eventualmente interferenti; dovranno rimanere operativi almeno i 3/4 degli ancoraggi esistenti).
- Fase 3 – Collegamento provvisorio tra palancoato esistente ed il primo ordine dei pali
- Fase 4 – Realizzazione nuovo solettone lasciando la predisposizione per il collegamento provvisorio dei tiranti esistenti.
- Fase 5 – Taglio e ricollegamento provvisorio dei tiranti di ancoraggio esistenti alle nuove strutture, procedendo uno ad uno. Demolizione della trave di banchina esistente.
- Fase 6 – Realizzazione della nuova trave di banchina e dei nuovi tiranti di ancoraggio (N.B. i nuovi ancoraggi sono sfalsati longitudinalmente rispetto agli esistenti).

8.3.3 ALMA

Il banchinamento esistente, realizzato tra il 1988 ed il 1991, è composto da un palancolato combinato vincolato in testa da tiranti a trefoli.

La banchina, dimensionata per 60 kPa, dai recenti rilievi risulta essere posta a quota +1,97 m s.l.m.m. (rispetto al caposaldo IGM*), a differenza di quanto riportato negli elaborati di progetto che indicano una quota di +2,50 m s.l.m.m.. Il fondale operativo futuro è previsto a quota -14,50 m s.l.m.m.

Il palancolato combinato è del tipo HZ 775 B sol. 10/13 – ZH 9,5 della ProfilARBED con profilati principali estesi fino a -24.00 m s.l.m.m. e palancole intermedie interrotte a -16.40 m s.l.m.m.

Come risulta dai certificati di conformità della TRADEARBED i profilati principali (HZ 775 B) sono realizzati in acciaio PAE 360, mentre le palancole intermedie (ZH 9,5) ed i gargami (RH 16 B) in acciaio PAE 250.

Le palancole sono collegate in testa da un cordolo in calcestruzzo armato C25/30 di dimensioni 1,30 x 2,50 m, con quota di estradosso a +1.97 m s.l.m.m. su cui sono collegati i tiranti di ancoraggio.

Il cordolo è armato con 6+6 barre Ø18 e con 5 staffe Ø10 a metro.

I tiranti sono a n.6 trefoli, e non n.7 come riportato negli elaborati grafici e nella relazione di collaudo dell'epoca di costruzione dell'opera, in acciaio armonico da 0.6" ($R_{ak} > 1600$ Mpa) di lunghezza totale 28 m, inclinati di 25° rispetto all'orizzontale e disposti con interasse di circa 2 m.

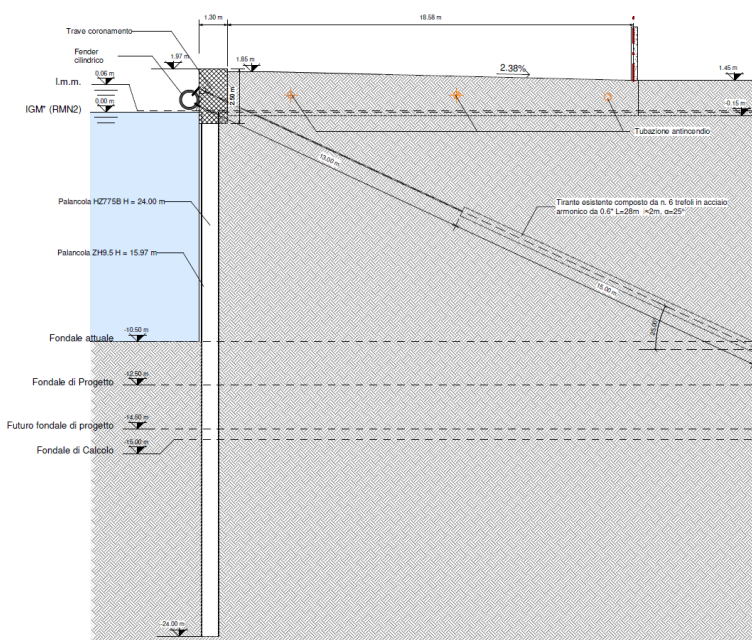


Figura 13 – Sezione stato di fatto

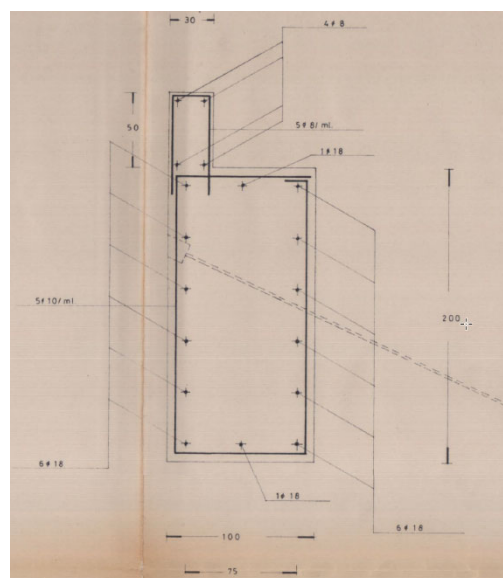
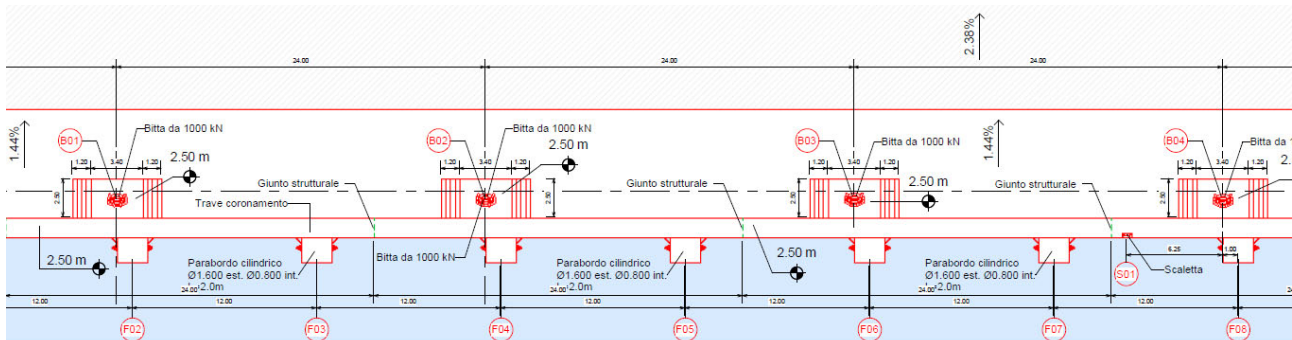


Figura 14 – Estratto da Sezione trasversale e particolari – progetto del 1987

L'intervento prevede le seguenti fasi realizzative:

- Inserimento di briccole temporanee di accosto
- Rimozione degli arredi banchina esistenti, compresi i plinti delle bitte, e rimozione di binder e usura esistenti
- Scavo localizzato per individuazione dei tiranti esistenti
- Realizzazione dei pali trivellati Ø1200
- Demolizione della trave di coronamento esistente fino a quota +1.20 m s.l.m.m. e scavo a tergo per la posa della nuova tubazione del sistema antincendio

- Realizzazione delle trave di coronamento dei pali Ø1200 con predisposizione per il passaggio dei tiranti
- Reinterro ed inserimento della tubazione antincendio
- Realizzazione dei tiranti
- Ripristino della pavimentazione e installazione degli arredi banchina
- Rimozione delle briccole temporanee di accosto



n

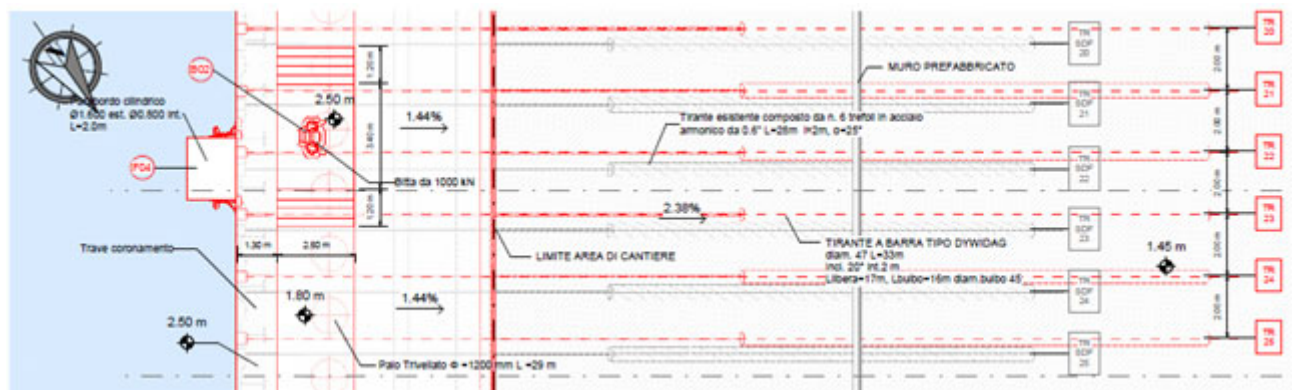


Figura 15 –Alma – Planimetria di progetto

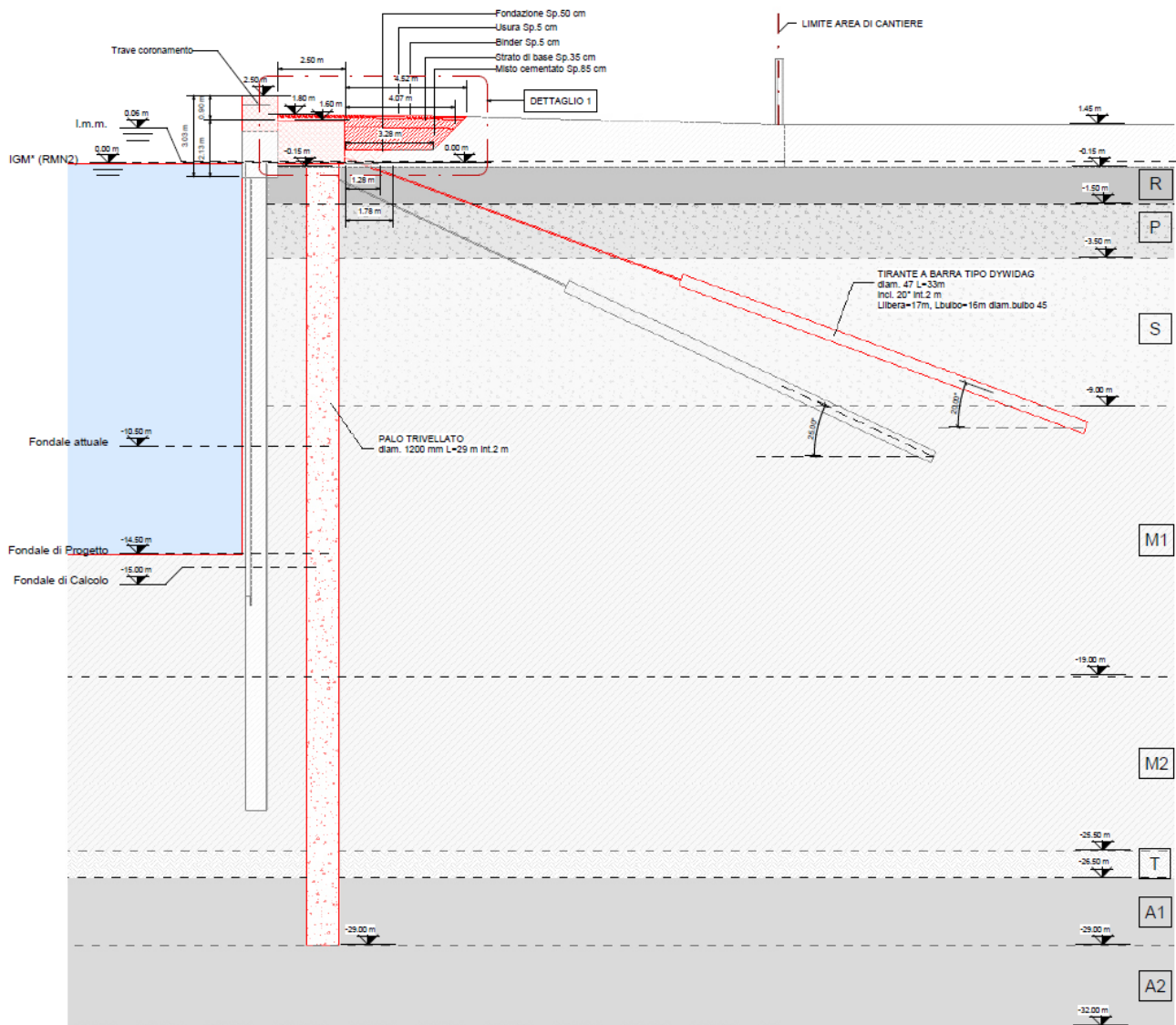


Figura 16 – Banchina Alma – Sezione di progetto

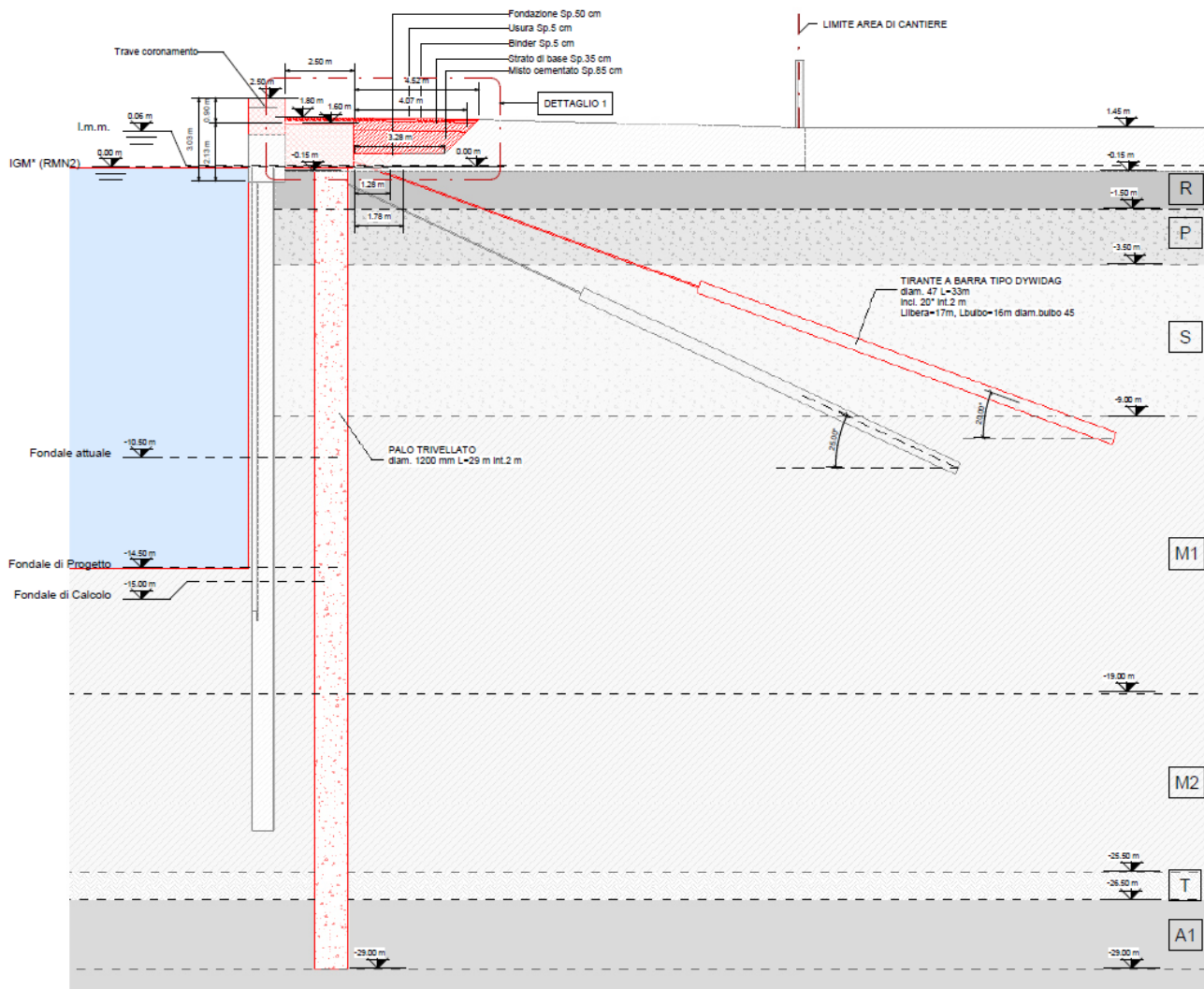


Figura 17 – Banchina Alma – Sezione di progetto

8.3.4 LLOYD

La Banchina LLOYD è collocata lungo il canale Candiano sulla sponda sinistra (lato nord), in prossimità di Largo Trattaroli e presenta sviluppo lineare pari a circa 270 m.



Figura 18 - Inquadramento banchina Lloyd



Figura 19 - Vista 3D banchina Lloyd

La Banchina LLOYD è collocata lungo il canale Candiano sulla sponda sinistra (lato nord), in prossimità di Largo Trattaroli e presenta sviluppo lineare pari a circa 270 m.

La banchina, realizzata negli anni '70, risulta in gestione alla Lloyd Ravenna S.P.A. mediante concessione demaniale marittima n.37/1999. La destinazione d'uso principale della banchina è la movimentazione di merci alla rinfusa, tra le quali cereali/sfarinati/semi, carbone/antracite, altre rinfuse solide (feldspato, fertilizzanti), materiale ferroso.

I parametri caratteristici del sito in esame, riferiti alle seguenti coordinate geografiche (WGS 84), sono individuati dai punti battuti P12 e P13 in fase di esecuzione del rilievo topografico delle aree di intervento nell'ambito della campagna di indagini integrative eseguita dal Contraente Generale.

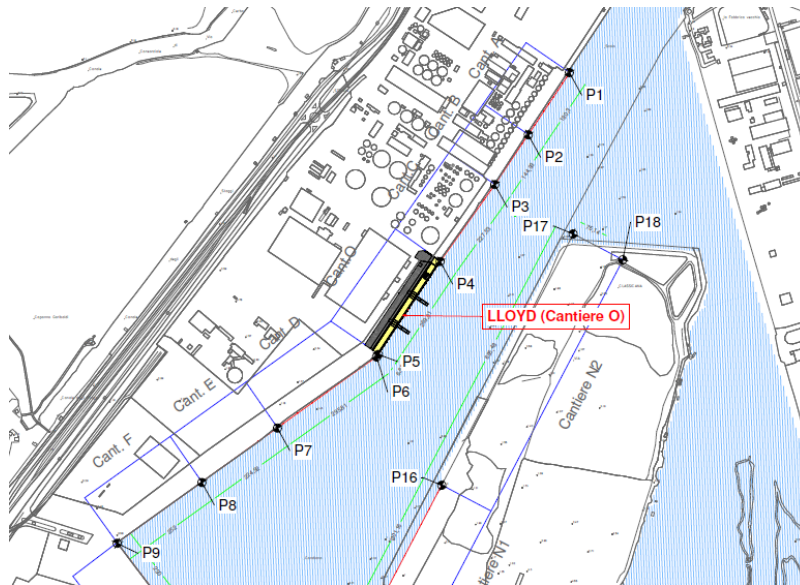


Figura 20 - Planimetria di inquadramento Lloyd

La situazione allo stato di fatto della banchina Lloyd è stata ricostruita a partire sia dalle informazioni contenute all'interno del progetto definitivo sia dalla campagna di indagine e di rilievo condotte dal G.C. nelle fasi preliminari alla progettazione esecutiva degli interventi.

Allo stato attuale la banchina Lloyd presenta le seguenti caratteristiche geometriche e prestazionali:

- Fondale operativo -11,50 m da l.m.m.;
- Trave di banchina +2,00 m da l.m.m.;
- Sovraccarico di banchina 40 kPa;
- N. 12 bitte poste ad interasse di circa 25m

Si riportano di seguito la sezione tipologica ed uno stralcio planimetrico della banchina Lloyd allo stato di fatto,

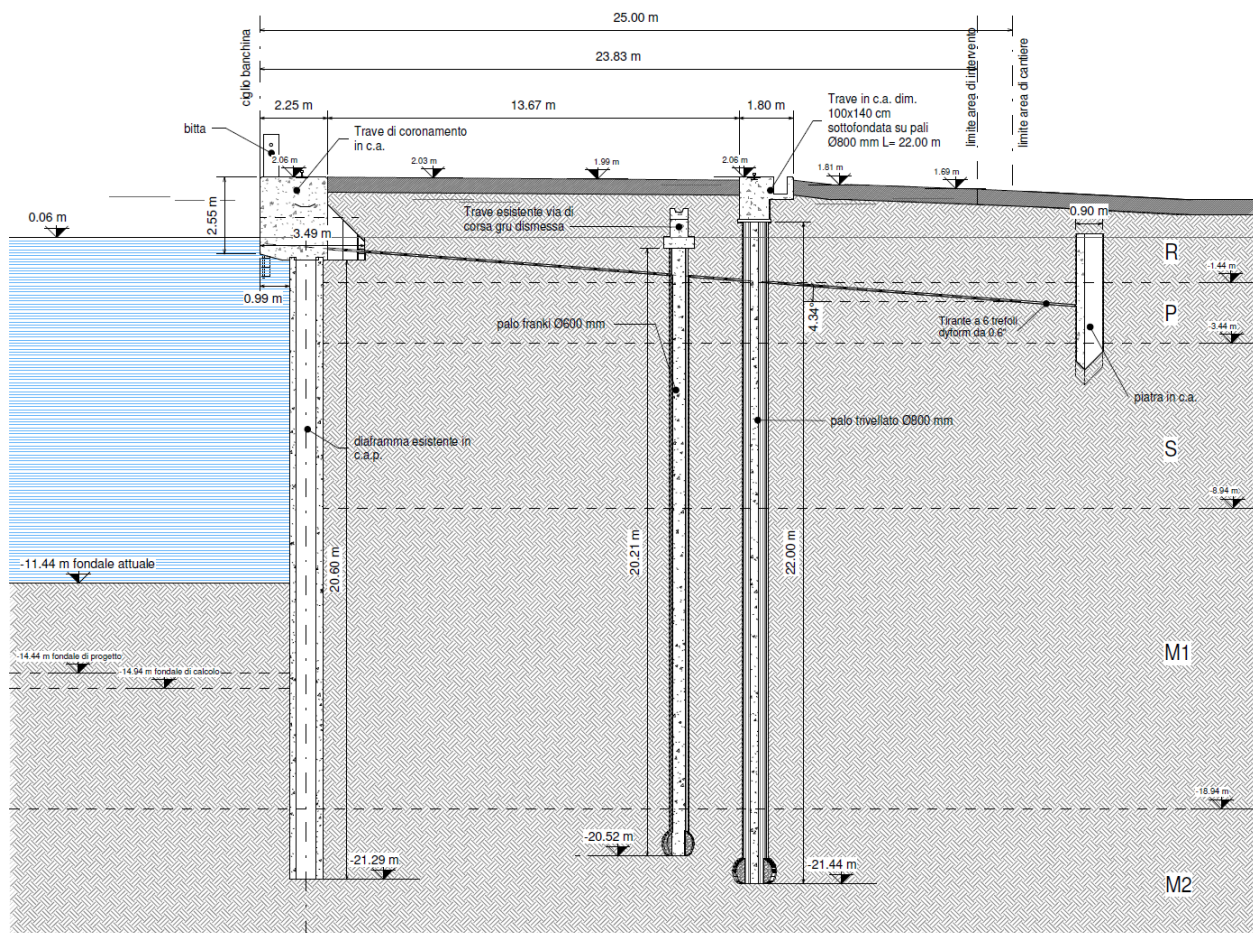


Figura 21 - Sezione tipologica situazione di rilievo

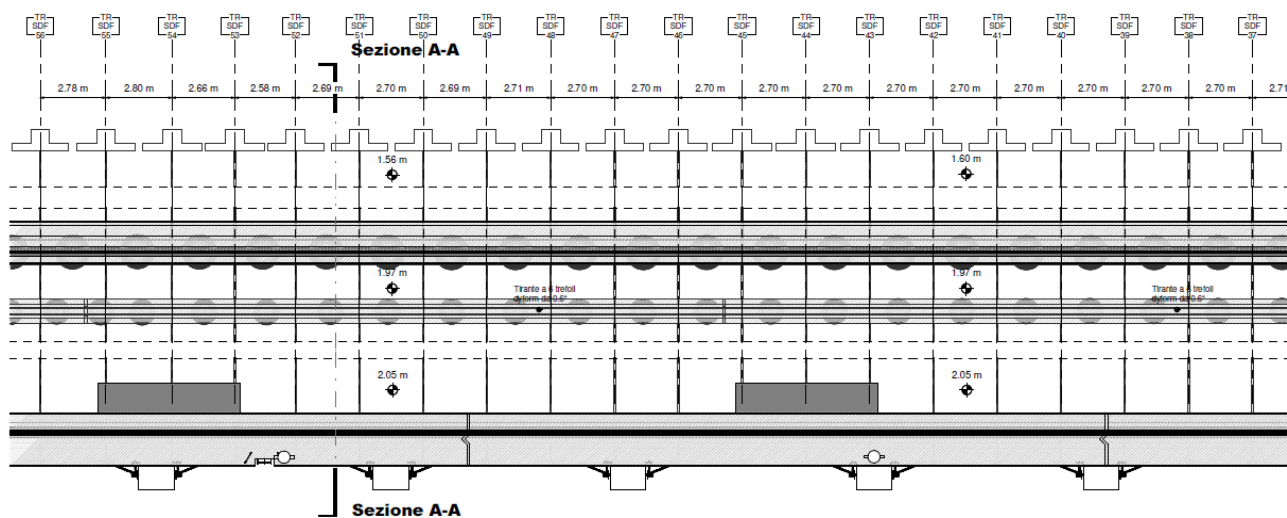


Figura 22 - Stralcio planimetrico situazione di rilievo

L'intervento di adeguamento progettato in fase di progettazione definitiva consiste nella realizzazione di una parete combinata in avanzamento al diaframma esistente mantenendo invariato l'attuale ciglio di banchina, ancorata con tiranti a bulbo iniettato, e la realizzazione di un impalcato su pali a tergo della banchina esistente. In particolare, è previsto:

- rivestimento del diaframma in c.a.p. con un **palancolato metallico combinato HZ/AZ tipo HZ880MA-24/AZ13-770, in avanzamento verso mare**, con i profilati principali costituiti da una doppia HZ estesi fino a -26,00 m da l.m.m e le palancole AZ intermedie estese fino a -21,0 m da l.m.m.;
- **tre allineamenti di pali ø1000** estesi fino a -35 m da l.m.m. (da +1,25 a -35 m da l.m.m.), alla distanza rispettivamente di 3,35,9,35 e 15,35 m dal filo banchina e ad interasse di 3,60 m in direzione longitudinale;
- **solettone di ripartizione in calcestruzzo armato**, al di sopra dei pali di altezza pari a 1,00 m (tra +1,25 e +2,25 m su l.m.m.), di larghezza pari a 14,20 m a tergo della trave sommitale esistente;
- **trave di banchina di sezione pari 2,25 x 2,00 m**, estesa lato mare fino a -0,50 m l.m.m.;
- allineamento di **tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato**, a partire dal nuovo palancolato, di lunghezza 35 m, inclinazione 20° sull'orizzontale, con 17 m di parte libera e 18 m di fondazione, armato con barra Dywidag ø47 ed interasse 1,80 m; il bulbo di fondazione realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;
- rete smaltimento acque meteoriche e predisposizione impianti.

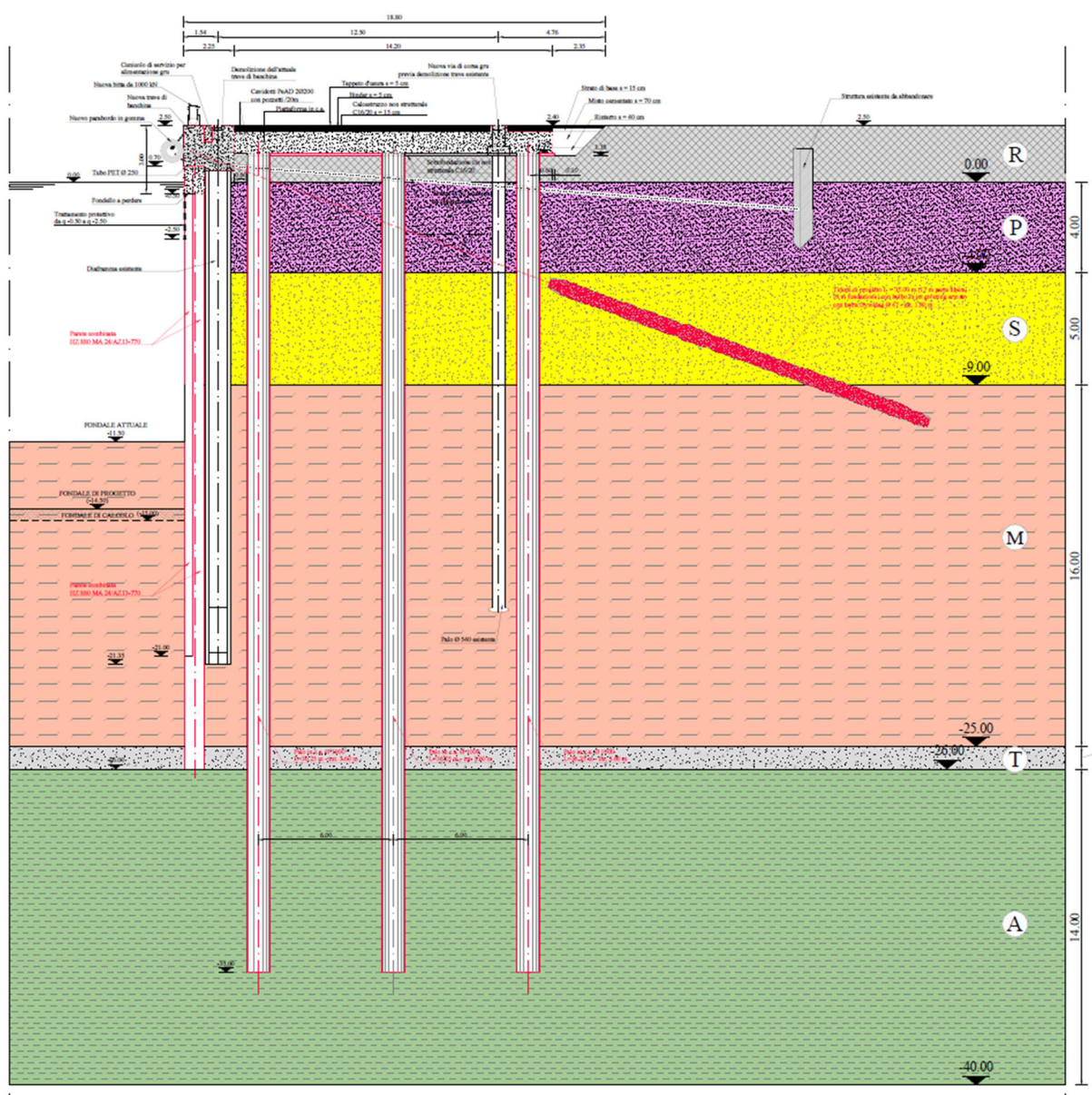


Fig.11 – Banchina IFA: Sezione tipo progetto definitivo

Il progetto esecutivo è stato elaborato con il duplice scopo di superare le criticità rilevate dall'analisi del progetto definitivo posto a base d'appalto e di aggiornare il progetto alle evidenze dell'effettivo stato di fatto rilevate a seguito delle indagini integrative effettuate dal Contraente Generale.

L'adeguamento strutturale della banchina Lloyd previsto dal progetto esecutivo, elaborato tenendo conto delle indicazioni e delle richieste del Concessionario e dell'ADSP prevede l'esecuzione delle seguenti opere:

- realizzazione di una paratia di pali trivellati in c.a. aventi diametro $d:800$ mm ad interasse $i = 0,90$ m di lunghezza $L = 36,25$ m (da $+1,25$ m a $-35,00$ m da l.m.m.) a tergo dei diaframmi esistenti, armati con gabbie di armatura in acciaio B 450 C; al fine di non interferire con i tiranti esistenti aventi interasse pari a $2,70$ m, si prevede di eseguire n.3 pali $d:800$ mm in corrispondenza di ogni interspazio tra i tiranti pari a $2,70$ m;
- realizzazione di n. 2 file di pali trivellati in c.a. diametro $d:1000$ mm ad interasse $i = 2,70$ m di lunghezza $L = 36,25$ m (da $+1,25$ m a $-35,00$ m da l.m.m.) distanziati dall'asse della nuova rispettivamente di $8,00$ m e $16,00$ m;
- ricostruzione della trave di coronamento in c.a. di sezione pari a $3,75 \times h = 1,40/1,90$ m, estesa lato mare da $+0,60$ m a $+2,50$ m s.l.m.m, connessa alla trave di coronamento esistente parzialmente demolita mediante n.10 barre di connessione per metro di trave in acciaio B 450 C $\varnothing 24$ disposti a quinconce inghisati mediante iniezione di malta cementizia polimer-modificata espansiva a ritiro controllato;
- formazione di un solettone ($h=1,0$ m) di ripartizione in c.a. che collega i pali dei due allineamenti alla nuova trave di coronamento in c.a. (tra $+0,75$ e $+1,75$ m s.l.m.m.), di larghezza sulla sezione trasversale pari a $16,25$ m a tergo della trave sommitale esistente;
- realizzazione di tiranti di ancoraggio a bulbo di fondazione iniettato realizzato con trattamento coassiale in jet grouting, a partire da circa $16,30$ m dal ciglio di banchina, di lunghezza $41,35$ m, inclinazione 14° sull'orizzontale, con $23,35$ m di parte libera e 18 m di fondazione, armato con barra cava autoperforante $\varnothing 90$ s=10 mm in acciaio 460 J0 ed interasse $2,00$ m; per l'esecuzione dei tiranti si prevede il preliminare attraversamento delle piastre di ancoraggio esistenti mediante carotatrice;

Ai fini di garantire la continuità della paratia di progetto, tra i pali in c.a. saranno realizzati perfori di chiusura con tessuto non tessuto di diametro variabile $d:220/300$ mm di lunghezza $L = 13,10$ m riempiti in calcestruzzo C28/35 XS3.

Si riporta di seguito una sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina LLOYD.

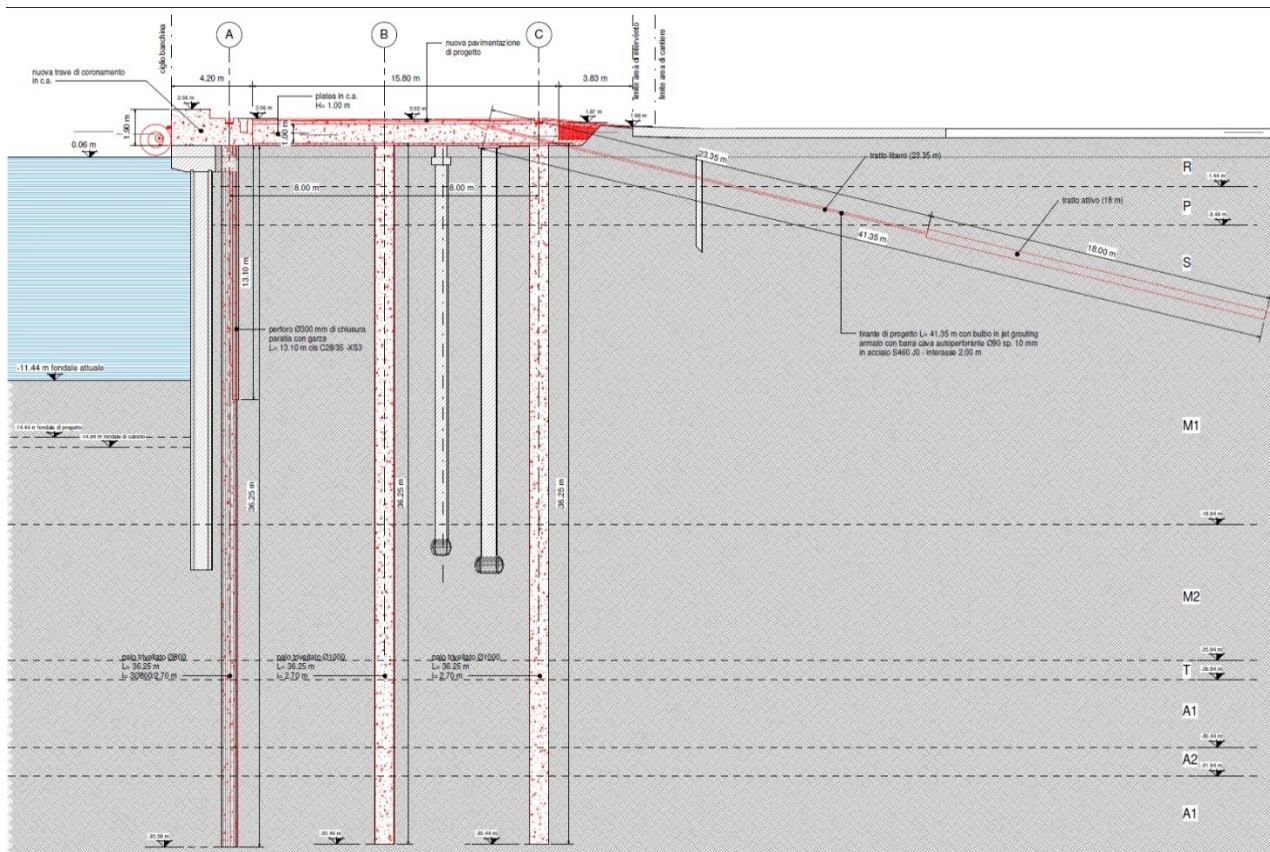


Figura 23 - Sezione tipologica di progetto

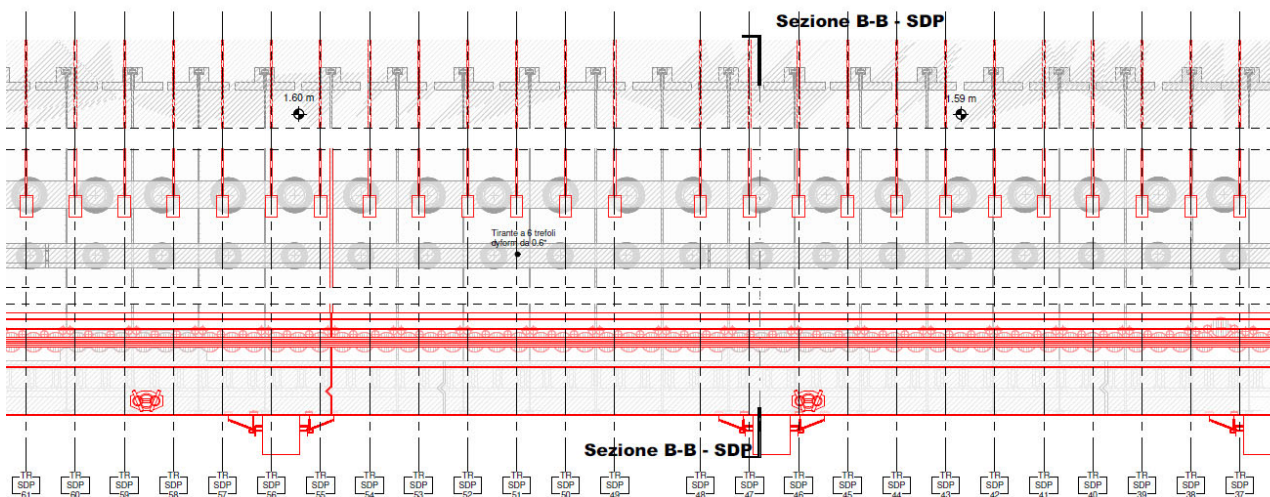


Figura 24 - Stralcio planimetria di progetto

Tale soluzione consente di risolvere le criticità legate all'interferenza tra le opere di progetto e quelle preesistenti ed in particolare i tiranti esistenti, i quali verranno dunque lasciati in esercizio durante le fasi transitorie di realizzazione della paratia di pali, evitando le complicate operazioni di taglio, ritesatura e riconnessione di questi alla paratia di progetto prima dell'esecuzione dei nuovi tiranti.

8.3.5 Banchina “D” – CEMENTILCE (UNIGRA’-UNITERMINAL) – TRATTAROLI NORD

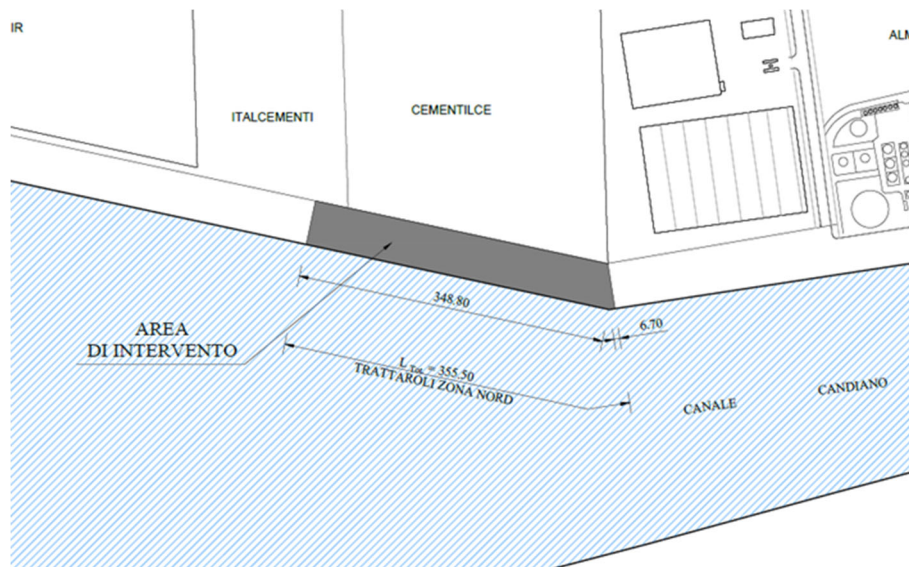


Figura 25 – planimetria della banchina Cementilce Trattaroli Nord (Banchina “D”)

Trattasi di un tratto di banchina di a 302.67 m costituita da palancole sovrastate da una trave di coronamento in calcestruzzo, cui sono ancorati i tiranti a bulbo iniettato.

Una sezione tipo è illustrata nella figura seguente.

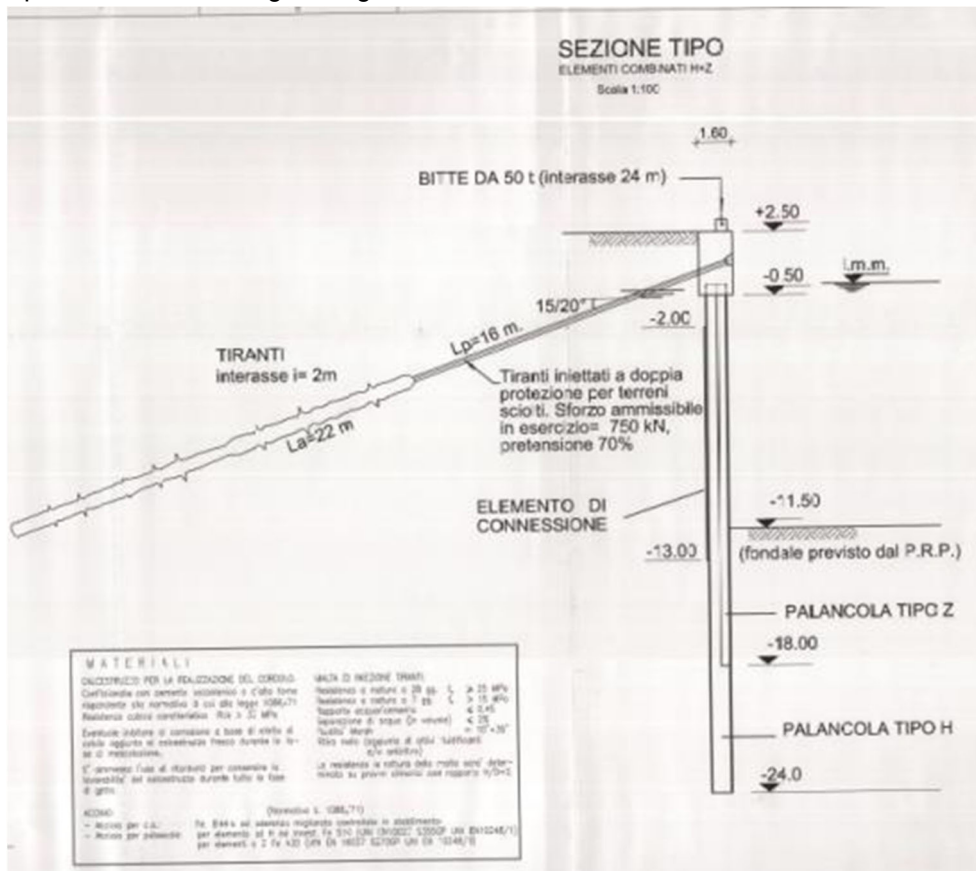


Figura 26 Sezione tipo della banchina “D” nella situazione attuale

L'intervento di adeguamento si rende necessario per rendere compatibile il banchinamento alle prestazioni previste dal piano regolatore vigente che prevedono, in particolare, un fondale operativo a -14,50 m da livello medio mare.

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera è stata studiata considerando che la struttura esistente è recente, piuttosto robusta ed in ottimo stato di conservazione.

Si è quindi optato per la costruzione di una piattaforma di scarico su pali, ancorata a tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato. Tale soluzione permette di limitare l'impegno delle strutture esistenti (palancolato di banchina e tiranti di ancoraggio) trasferendo i carichi di superficie in profondità ed incrementando le capacità resistenti del sistema ai carichi orizzontali.

La soluzione prevede in sintesi:

- tre allineamenti di pali $\varnothing 1000$ estesi fino a -35 m da l.m.m. (da +0,80 a -35,45 m da l.m.m.), alla distanza di 2,80, 8,30 e 13,80 m dall'asse del palancolato metallico e ad interasse di 3,58 m tra le file (in direzione longitudinale);
- solettone di ripartizione in calcestruzzo armato, al di sopra dei pali (tra +0,80 e +1,80 m su l.m.m.), di larghezza pari a 14,20 m a tergo della trave sommitale esistente ed altezza pari a 1,00 m;
- ancoraggio integrativo lato terra, a partire dalla terza fila di pali lato terra, di lunghezza 32 m, inclinazione 20° sull'orizzontale, con 15 m di parte libera e 17 m di fondazione, armato con barra autoperforante $\varnothing 90$ ed interasse 3,58 m; il bulbo di fondazione realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting.

L'intervento prevede il riutilizzo dei tiranti esistenti, recentemente realizzati con tutti i dispositivi di protezione oggi richiesti. In ogni caso, considerata l'importanza che il vincolo sommitale riveste sulla staticità dell'opera si prevede l'esecuzione di una prova speciale di controllo su 3 ancoraggi esistenti.

Nella figura seguente è riportata una sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina Trattaroli Nord.

TABELLA TOTALI TIRANTI

Tiranti totali di progetto con inclinazione 20°	82
Tiranti totali di progetto con inclinazione 15°	1
Tiranti totali esistenti con inclinazione 10°	83
Tiranti totali esistenti con inclinazione 15°	83
Tiranti totali esistenti con inclinazione 20°	2
Tiranti totali esistenti con inclinazione 25°	1

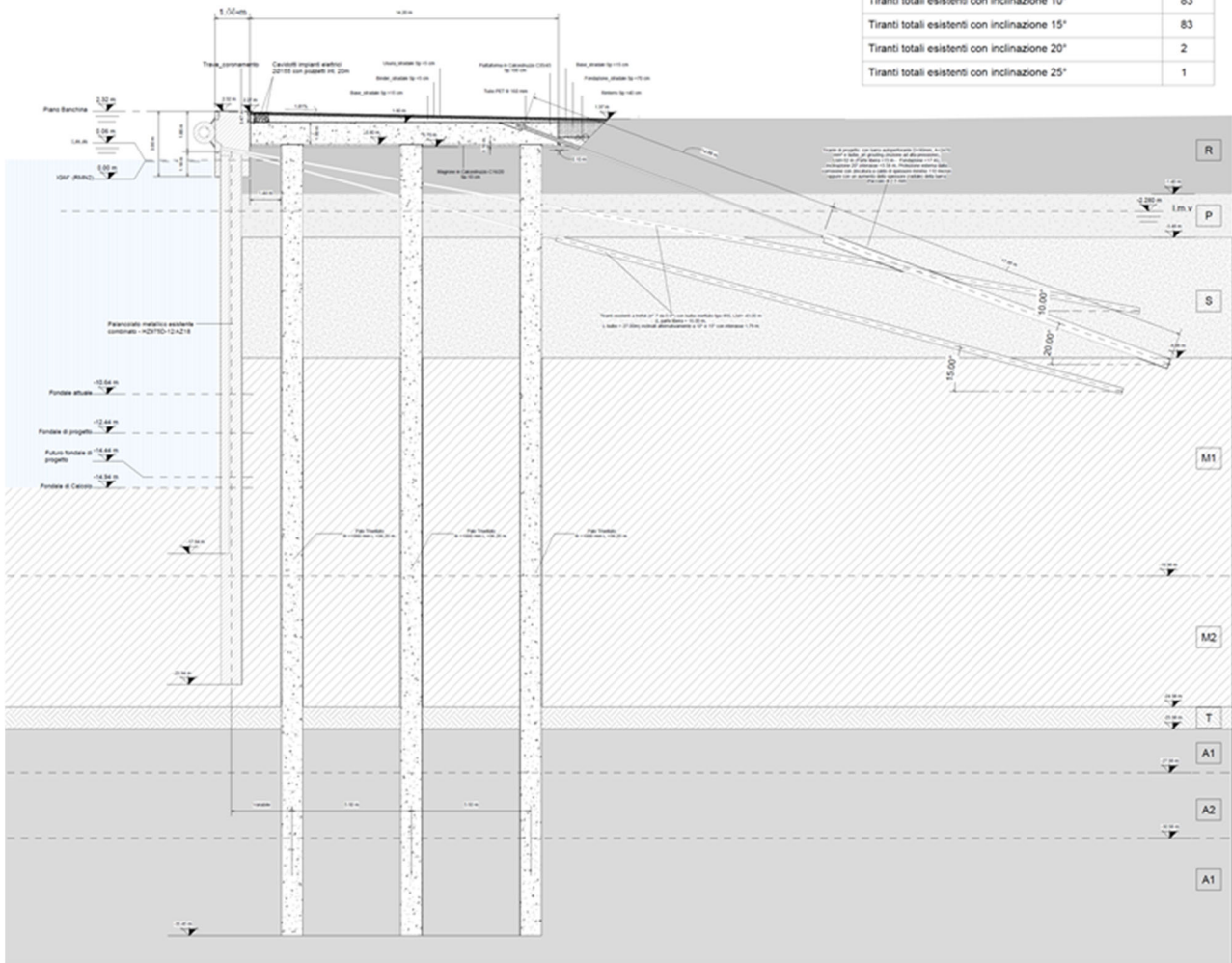


Figura 27 – Sezione adeguata della banchina D con tiranti a 20° sull'orizzontale

La realizzazione dell'intervento si articola nelle seguenti fasi:

- ribasso dei piazzali fino a +0,70 m su l.m.m.;
- realizzazione dei pali trivellati;
- realizzazione del solettone;
- realizzazione nuovi ancoraggi;
- ripristino piazzali;
- escavo dei fondali (1° fase) a -12,5 m slmm

8.3.6 Banchine E-F-G-H - Trattaroli Sud

La banchina Trattaroli Sud oggetto della presente relazione confina il bacino di evoluzione del canale Candiano in corrispondenza di largo Trattaroli, in sponda Nord, per uno sviluppo complessivo di circa **884 m**.

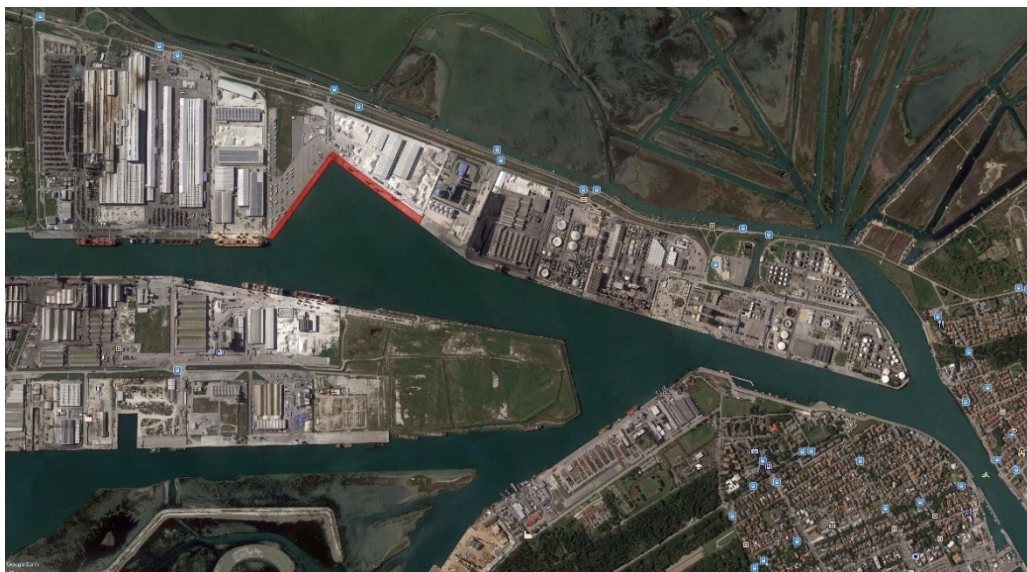


Figura 28 - Inquadramento banchina Trattaroli Sud

La banchina di Trattaroli sud è suddivisa in due tratti, mutuamente ortogonali, il primo di lunghezza **457 m** ed il secondo di **426 m**, utilizzati rispettivamente come segue:

- **Terminal traghetti** (L=457m) in concessione alla società **T.&C.–Traghetti e Crociere** (società interamente partecipata dall'Autorità di Sistema Portuale). Il Terminal Traghetti è destinato a traffico Ro-Ro pax ed occupa un'area di 125.000 m². e dispone di due ormeggi per navi traghetto con un fondale di 11,5m;
- **Terminal Nord** (L=426 m) in concessione alla società **Terminal Nord S.P.A.** (Gruppo SAPIR) mediante concessione demaniale marittima n.11/2007 rilasciata in data 04/05/2007 ed avente scadenza al 31/12/2026. Detta società a società ha per oggetto, tra l'altro, l'esercizio di impresa portuale rivolta ad ogni attività di sbarco, imbarco e movimentazione di qualsiasi tipo di merce sia alla rinfusa che confezionata, compresi i prodotti liquidi e qualsiasi altra operazione annessa o connessa, compresa la conservazione, il deposito, il controllo, l'assistenza, l'insacco, il confezionamento, la palettizzazione, la spedizione, il trasporto di prodotti e merci.

Considerata la notevole estensione e la presenza di diversi concessionari gli interventi di consolidamento della banchina sono stati suddivisi già in fase di progettazione definitiva in più cantieri operativi denominati F-G-H ed E. Quest'ultimo comprende anche una parte del banchinamento denominato Trattaroli Nord.

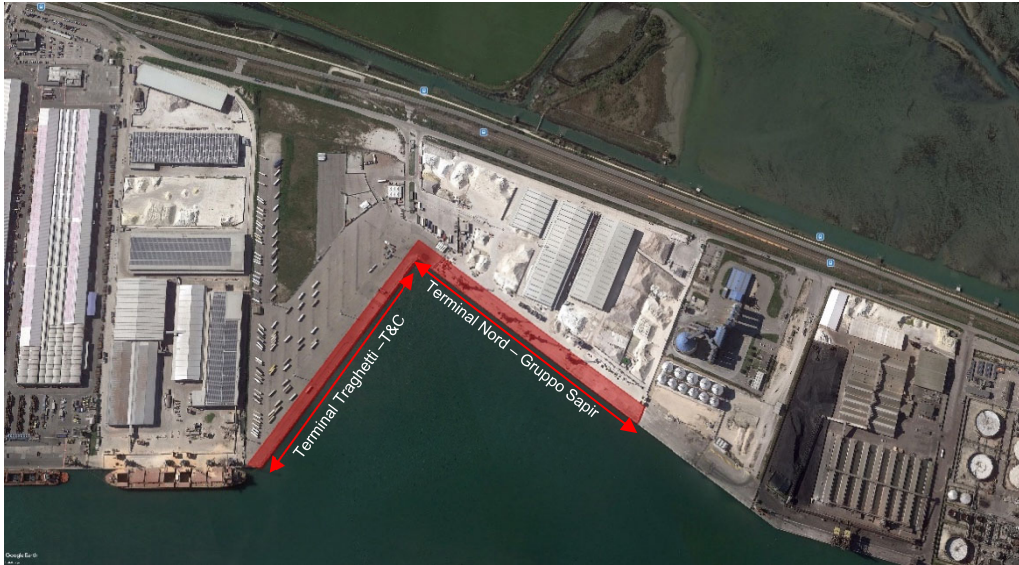


Figura 29 - Concessioni in essere alla banchina Trattaroli Sud

Allo stato attuale la banchina Trattaroli Sud presenta le seguenti caratteristiche geometriche e prestazionali:

- piano di banchina +2,30/+2,40 m da l.m.m.
- fondale operativo -11,50 m da l.m.m.
- sovraccarico di banchina 60 kPa
- bitte da 500 kN ad interasse pari a 25,00 m

Si riportano di seguito sezioni tipologiche della banchina con evidenza della diversa potenza del banco sabbioso (litotipo S) ed uno stralcio planimetrico della banchina Trattaroli Sud allo stato di fatto,

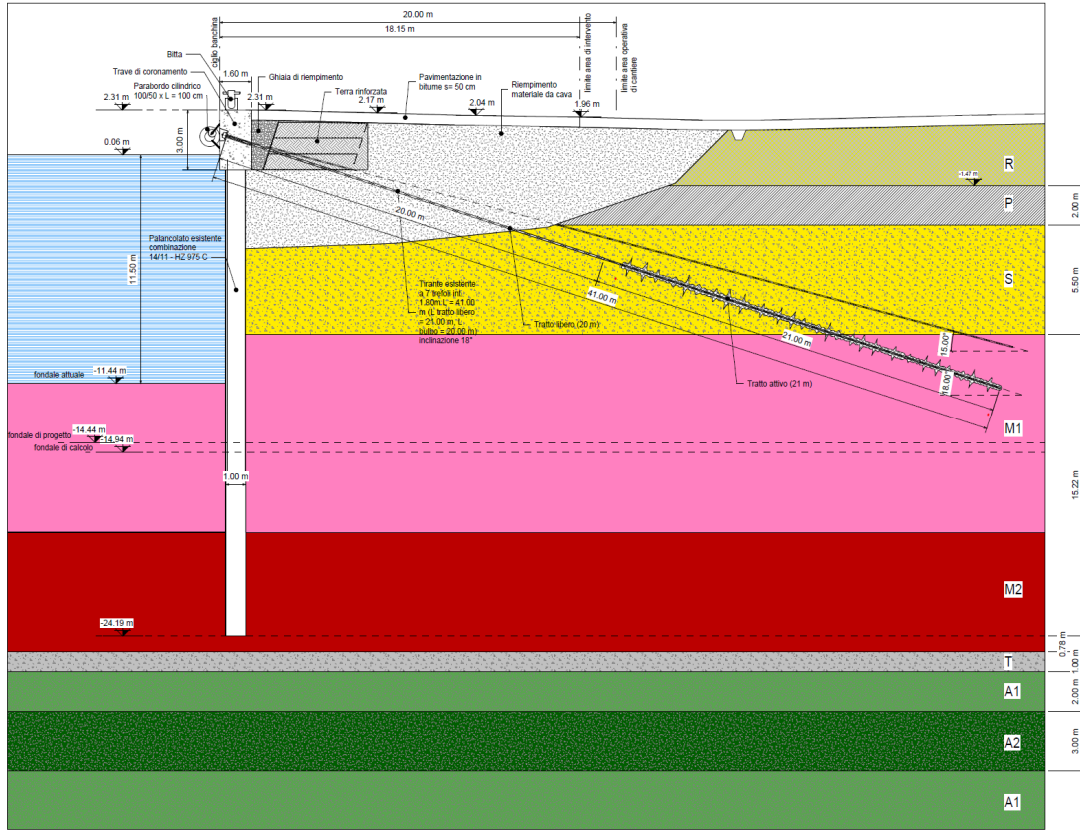


Figura 30 - Sezione tipologica situazione di rilievo

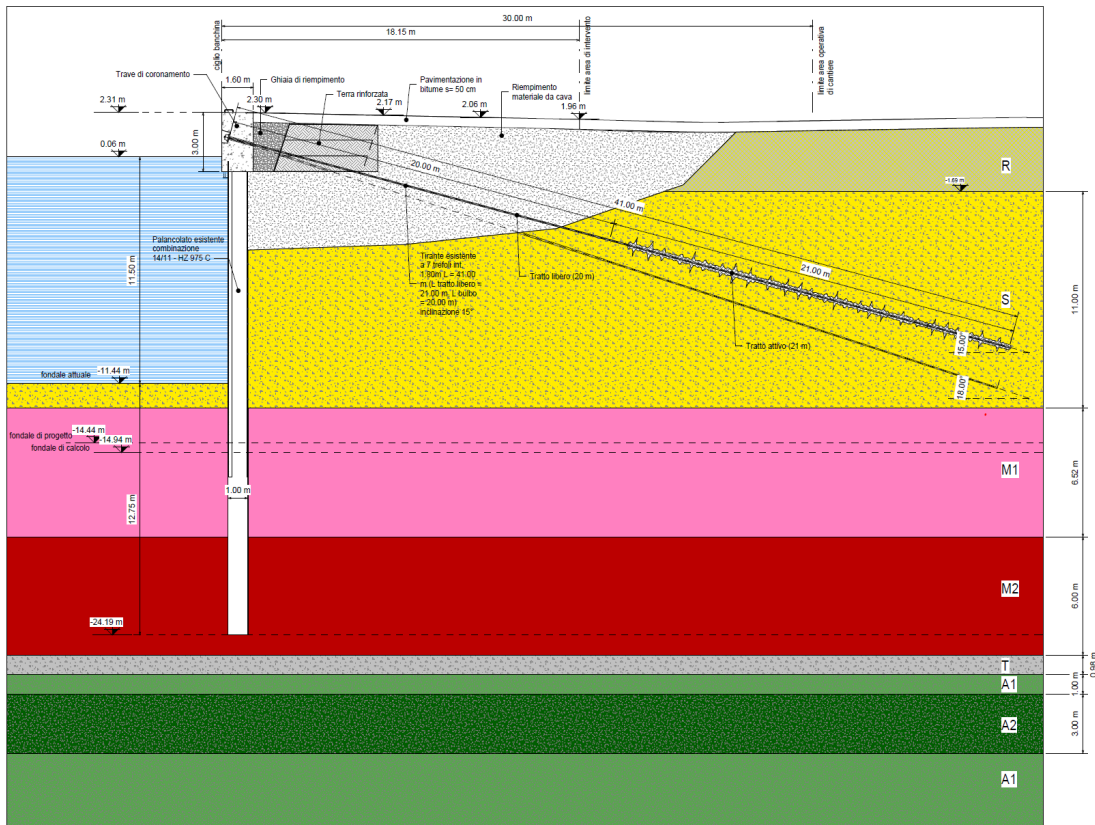


Figura 31 - Sezione tipologica situazione di rilievo

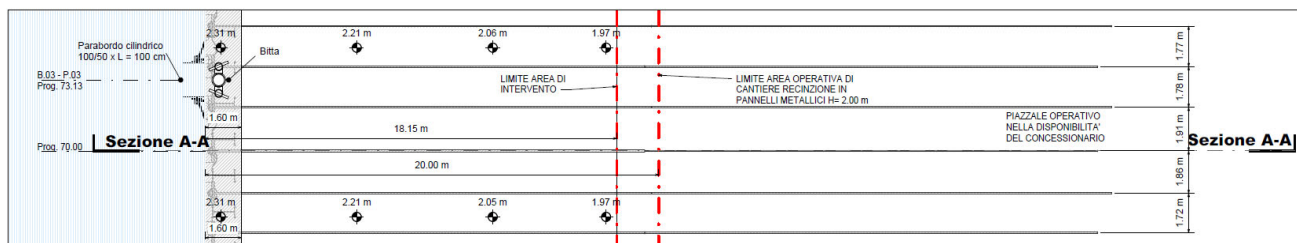


Figura 32 - Stralcio planimetrico situazione di rilievo

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera è stata studiata considerando che la struttura esistente è recente, piuttosto robusta ed in ottimo stato di conservazione.

Il progetto definitivo assume che la distanza tra le strutture esistenti e lo scavo da realizzare è sufficiente a ritenere trascurabile l'effetto dell'approfondimento del canale sui capannoni ubicati a tergo delle banchine.

Infatti, la distanza tra i capannoni ed il ciglio banchina è pari a circa di 55 m, quattro volte il valore dell'escav (che è di - 14,50 m da l.m.m.) che, peraltro, rappresenta solo un approfondimento dello scavo già esistente. Inoltre, i nuovi tiranti non andranno a interferire con le fondazioni dei capannoni esistenti in quanto l'impronta in pianta delle nuove opere è limitata a circa 48 m dal filo banchina.

La soluzione adottata prevede dunque la costruzione di una piattaforma di scarico su pali, ancorata a tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato.

Tale soluzione permette di limitare l'impegno delle strutture esistenti (palancolato di banchina e tiranti di ancoraggio) trasferendo i carichi di superficie in profondità ed incrementando le capacità resistenti del sistema ai carichi orizzontali.

Il progetto in particolare contempla l'esecuzione di:

- tre allineamenti di pali $\varnothing 1000$ estesi fino a -35 m da l.m.m. (da +1,25 a -35 m da l.m.m.), alla distanza di 1,9, 7,9 e 13,90 m dall'asse del palancolato metallico e ad interasse di 3,60 m tra le file (in direzione longitudinale);
- solettone di ripartizione in calcestruzzo armato, al di sopra dei pali (tra +1,25 e +2,25 m su l.m.m.), di di larghezza pari a 14,20 m a tergo della trave sommitale esistente ed altezza pari a 1,00 m;
- ancoraggio integrativo lato terra, a partire dalla terza fila di pali lato terra, di lunghezza 35,5 m, inclinazione 18° sull'orizzontale, con 18,5 m di parte libera e 17 m di fondazione, armato con barra Dywidag $\varnothing 47$ ed interasse 3,60 m; il bulbo di fondazione realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;

Si riportano di seguito sezione tipo di progetto stralcio planimetrico sovrapposto ad ortofoto dell'area di intervento:

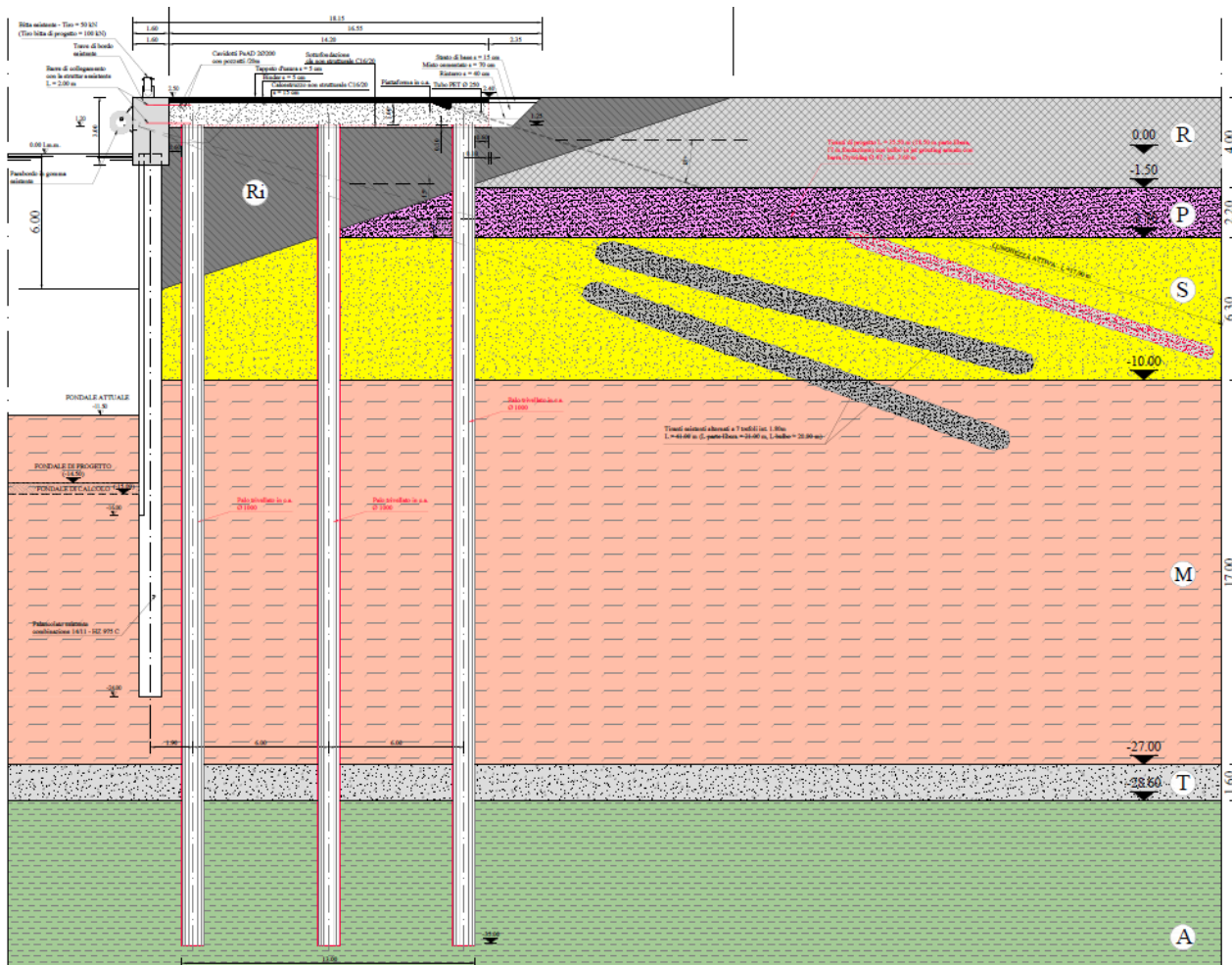


Figura 33 - Sezione tipologica progetto definitivo

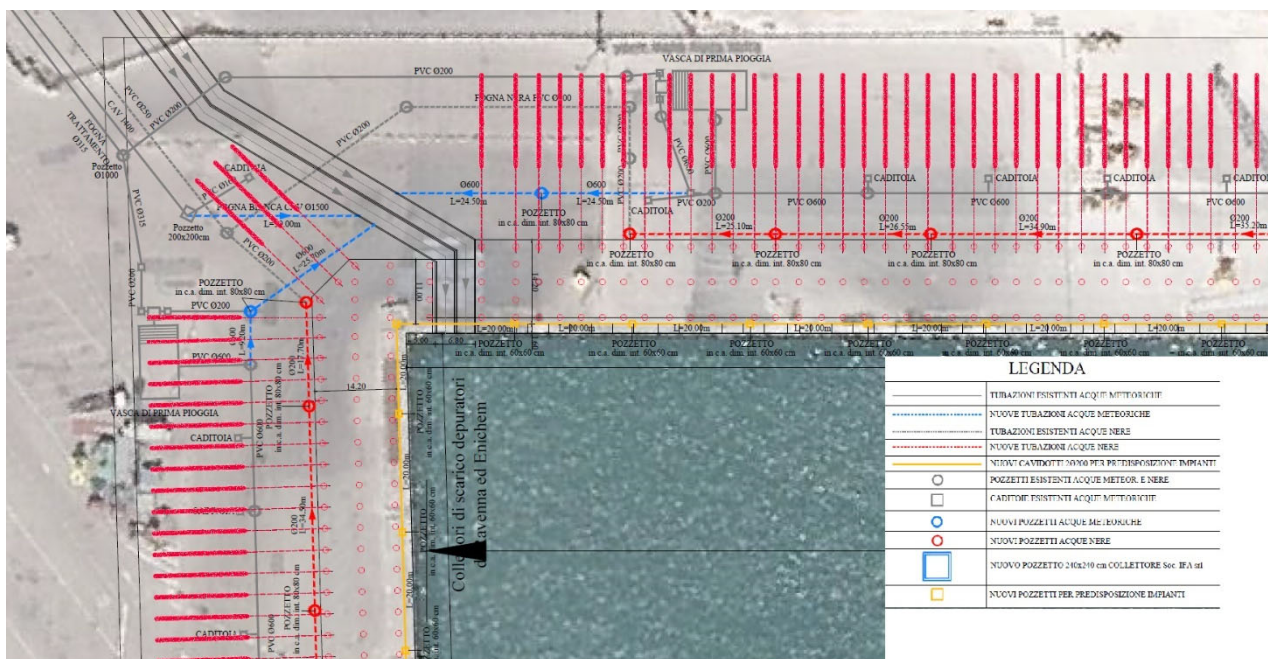


Figura 34 - Stralcio planimetrico progetto definitivo

L'intervento prevede il riutilizzo dei tiranti esistenti, grazie alle prove di controllo già effettuate e che hanno dato esito globalmente positivo.

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera, riprendendo la soluzione progettuale prevista dal progetto definitivo posto a base d'appalto, prevede la realizzazione a tergo della parete combinata esistente di una piattaforma su pali ancorata a tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato e connessa alla trave di coronamento esistente. Tale soluzione permette di limitare i tassi di sfruttamento delle strutture esistenti (in particolare palancole di banchina e tiranti di ancoraggio), trasferendo i carichi di superficie in profondità ed incrementando le capacità resistenti del sistema ai carichi orizzontali.

La soluzione prevede:

- realizzazione di n.3 allineamenti di pali trivellati in c.a. d:1000 mm di lunghezza $L = 36,25$ m estesi fino a $-35,55$ m da l.m.m. (da $+0,70$ a $-35,55$ m da l.m.m.), alla distanza di 1,90 m, 7,90 m e 13,90 m dall'asse del palancole metallico e ad interasse di 3,60 m tra le file (in direzione longitudinale), compatibile con l'interasse dei tiranti esistenti pari a 1,80 m;
- realizzazione del solettone di ripartizione in calcestruzzo armato, al di sopra dei pali (tra $+0,70$ e $+1,70$ m su l.m.m.), di larghezza pari a 14,20 m a tergo della trave sommitale esistente ed altezza pari a 1,00 m;
- realizzazione di tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato realizzato con trattamento coassiale in jet grouting, a partire da circa 14,10 m dal ciglio di banchina, di lunghezza 35,50 m, inclinazione 18° sull'orizzontale, con 18,50 m di parte libera e 17,00 m di fondazione, armato con barra cava autoperforante $\varnothing 90$ s=10 mm in acciaio S 460 J0 ed interasse 3,60 m:

Si riporta di seguito una sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina Trattaroli Sud.

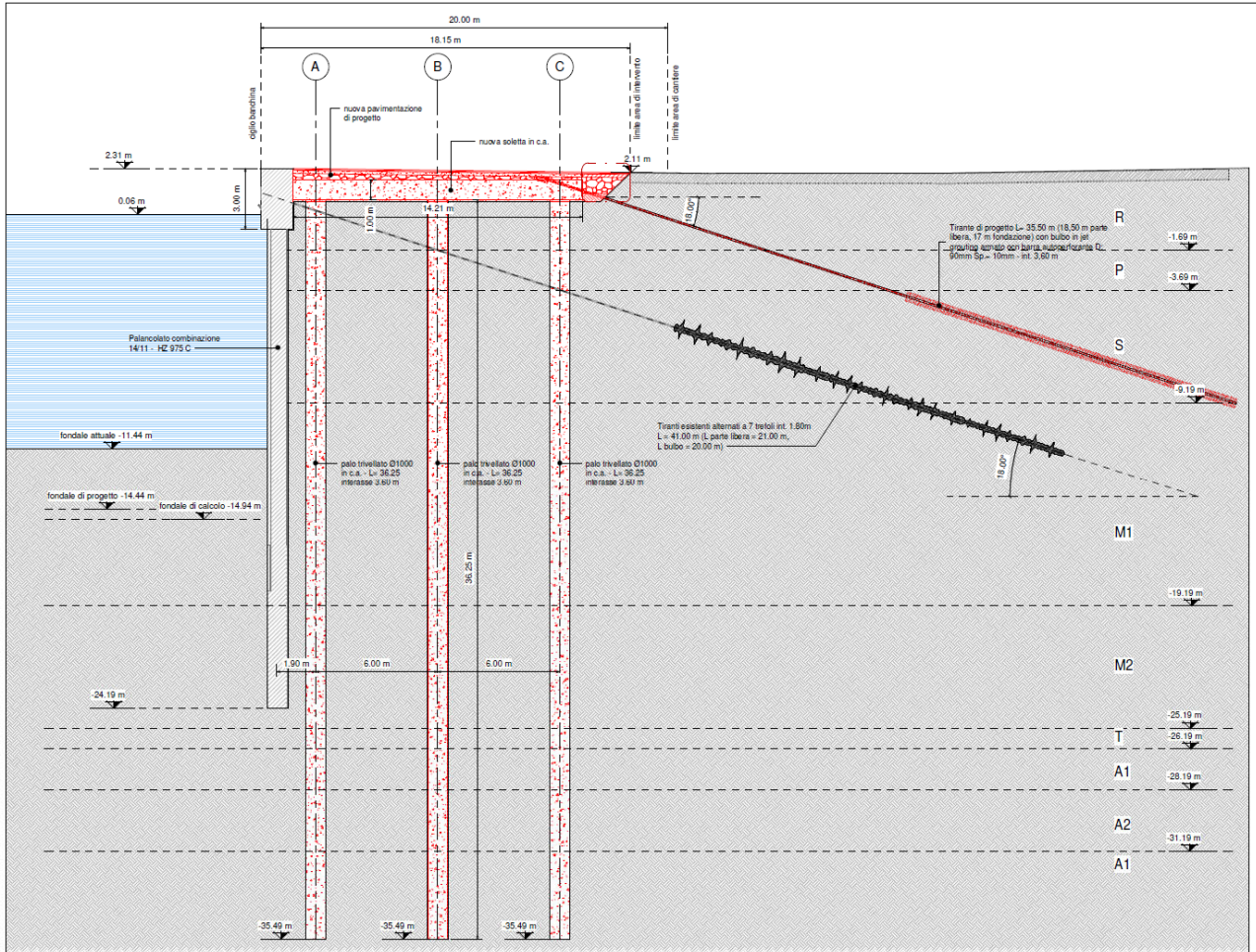


Figura 5 - Sezione tipologica intervento da progetto esecutivo

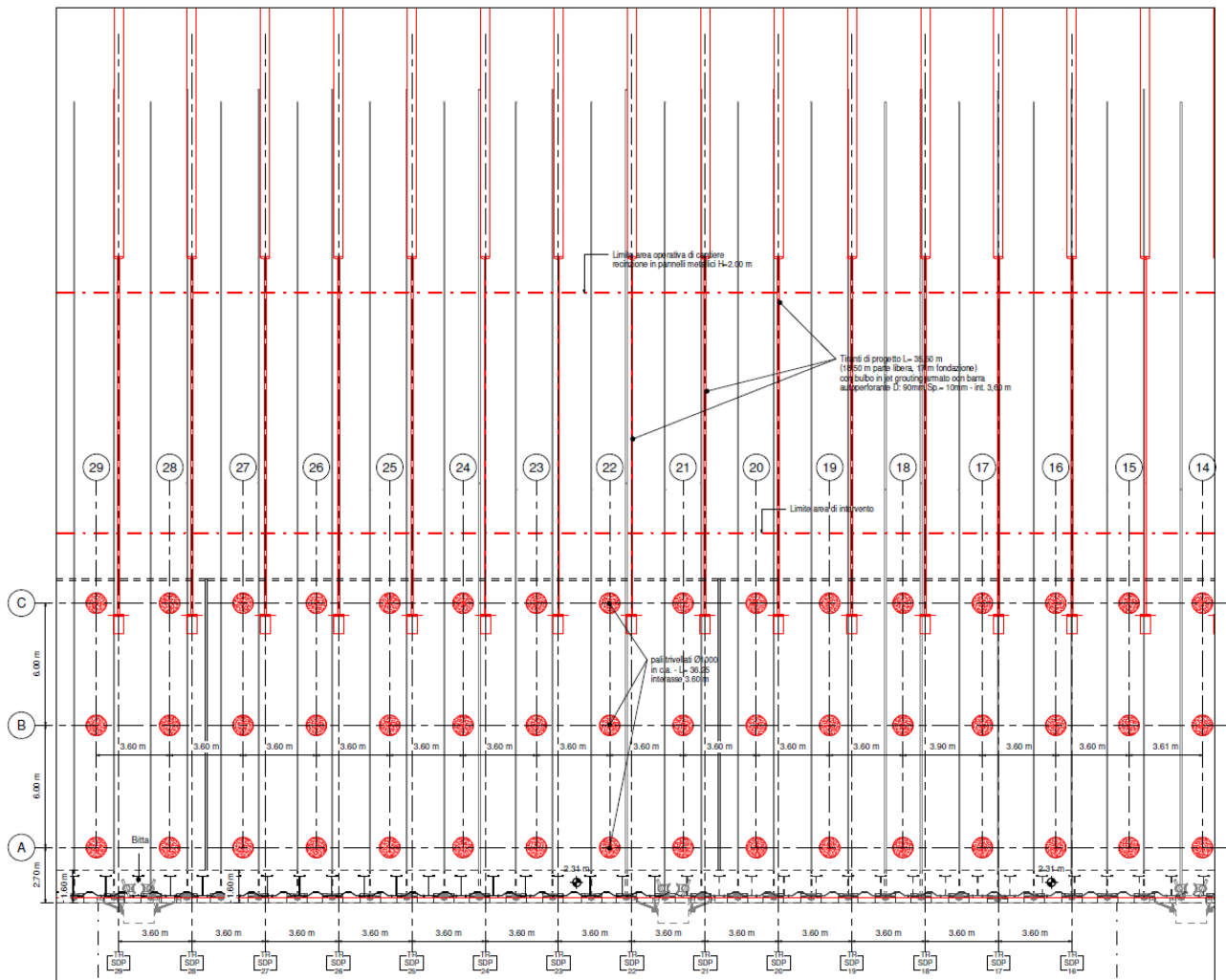


Figura 5 – Stralcio opere strutturali da progetto esecutivo

8.3.7 Banchina I - IFA

La banchina IFA è ubicata lungo il Canale Candiano, in sponda Sinistra (lato nord), appena a sud-ovest di Largo Trattaroli e presenta sviluppo lineare pari a circa 257 m.

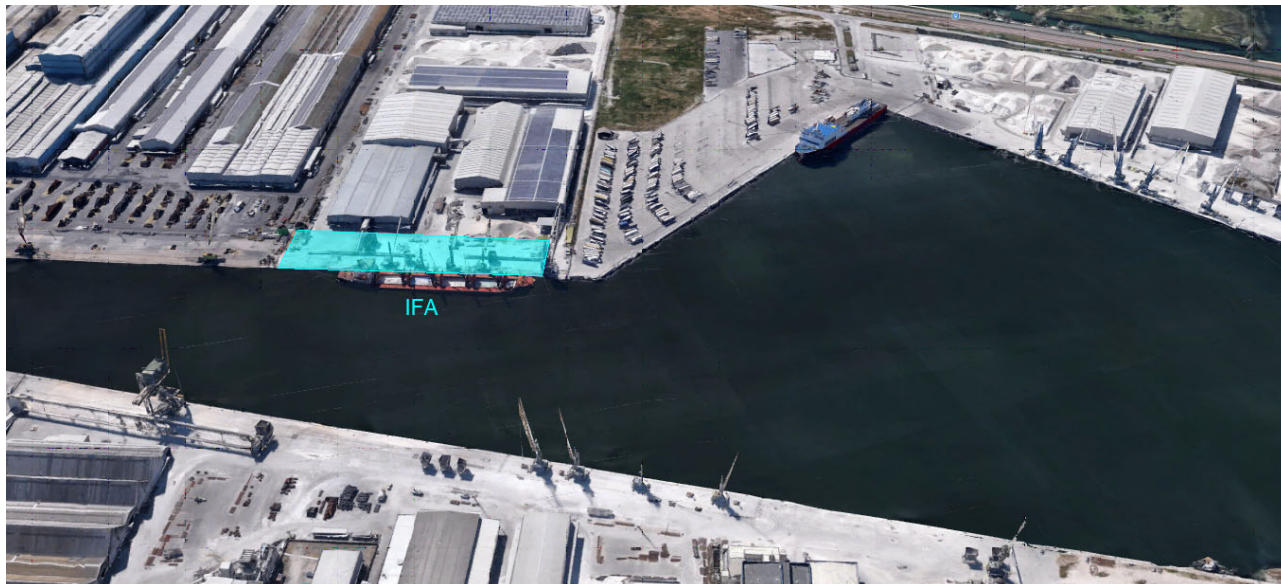


Figura 35 - Individuazione della banchina IFA

La banchina confina a nord con quella in concessione alla T&C (terminal traghetti – banchina Trattaroli Sud) mentre a sud è posta in adiacenza a quella in concessione alla società Marcegaglia ove sono in corso lavori affidati dall'AdSP, con separato appalto, alla TREVI spa.

Il banchinamento, realizzato alla fine degli anni 70, è in concessione alla IFA S.r.l. mediante Concessione Demaniale Marittima n.44/1999.

La banchina è destinata a terminal portuale con movimentazione di merci varie e merci alla rinfusa (granaglie) per circa 1,5 milioni di tonnellate circa all'anno di merci alla rinfusa esclusivamente mediante utilizzo di gru mobili.

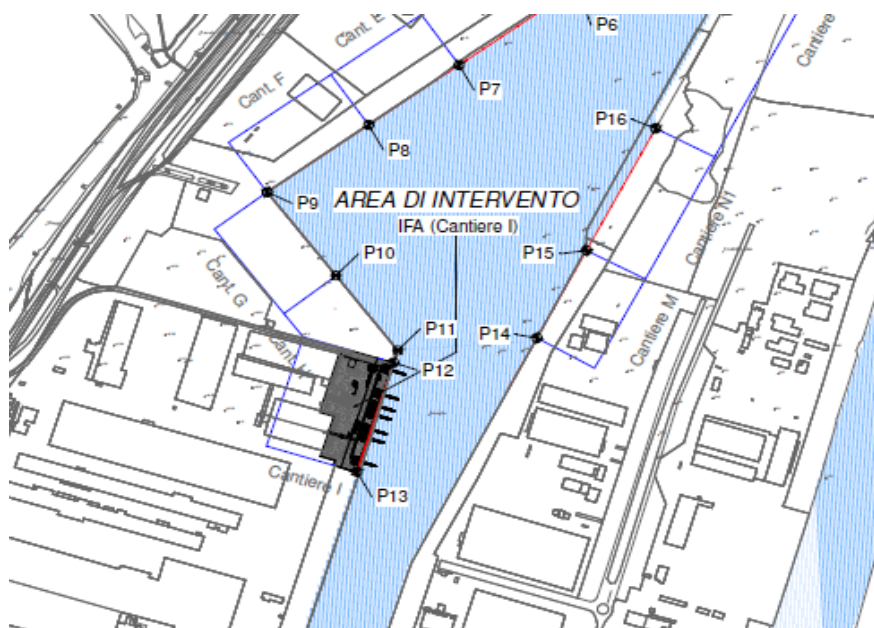


Figura 36 – Banchine: Inquadramento della banchina IFA

La banchina confina a nord con quella in concessione alla T&C (terminal traghetti).

La situazione allo stato di fatto della banchina IFA è stata ricostruita a partire sia dalle informazioni contenute all'interno del progetto definitivo sia dalla campagna di indagine e di rilievo condotte dal G.C. nelle fasi preliminari alla progettazione esecutiva degli interventi.

Allo stato attuale la banchina IFA presenta le seguenti caratteristiche geometriche e prestazionali:

- piano di banchina +2,00 m da l.m.m. (da rilievo +1,70 m da l.m.m.)
- fondale operativo -9,40 m da l.m.m.

sovraccarico di banchina 40 kPa

Si riportano di seguito la sezione tipologica ed uno stralcio planimetrico della banchina IFA allo stato di fatto

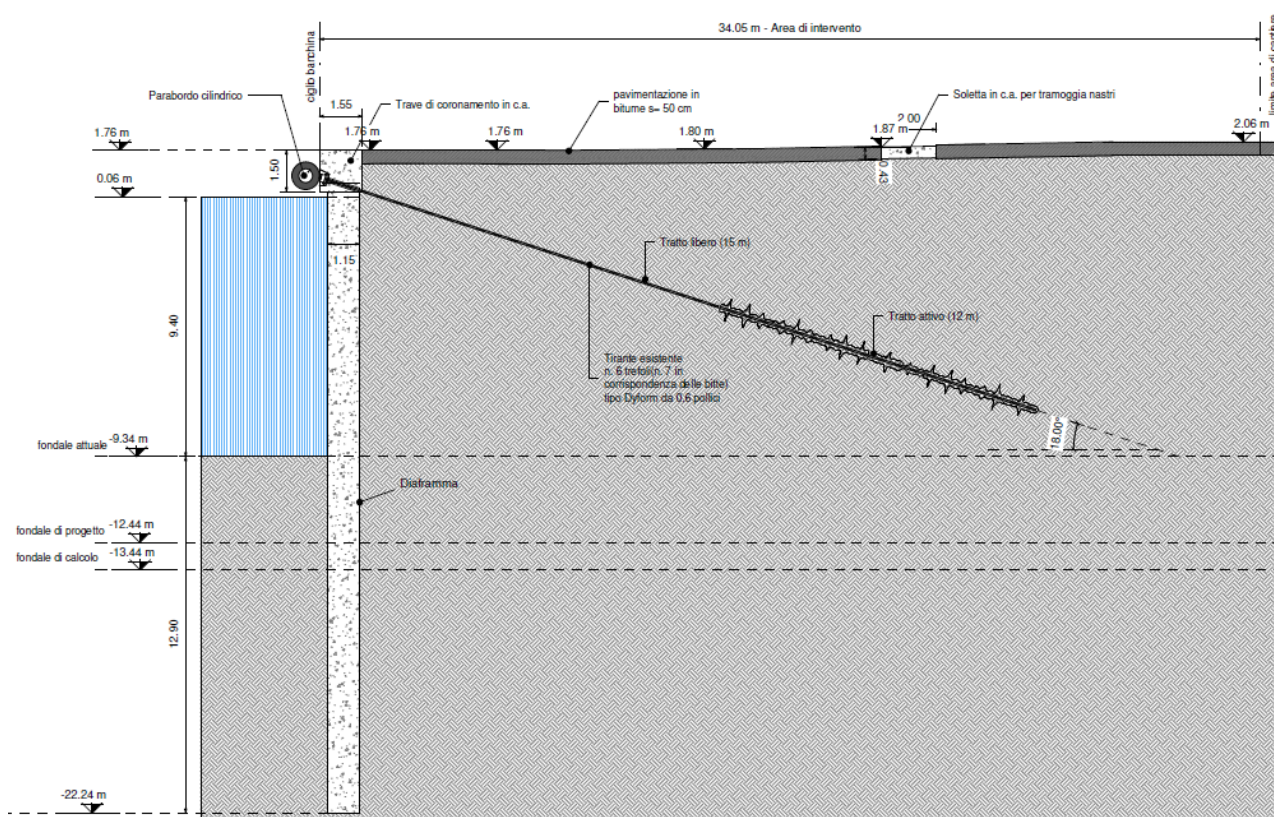


Figura 37 - Sezione tipologica situazione di rilievo

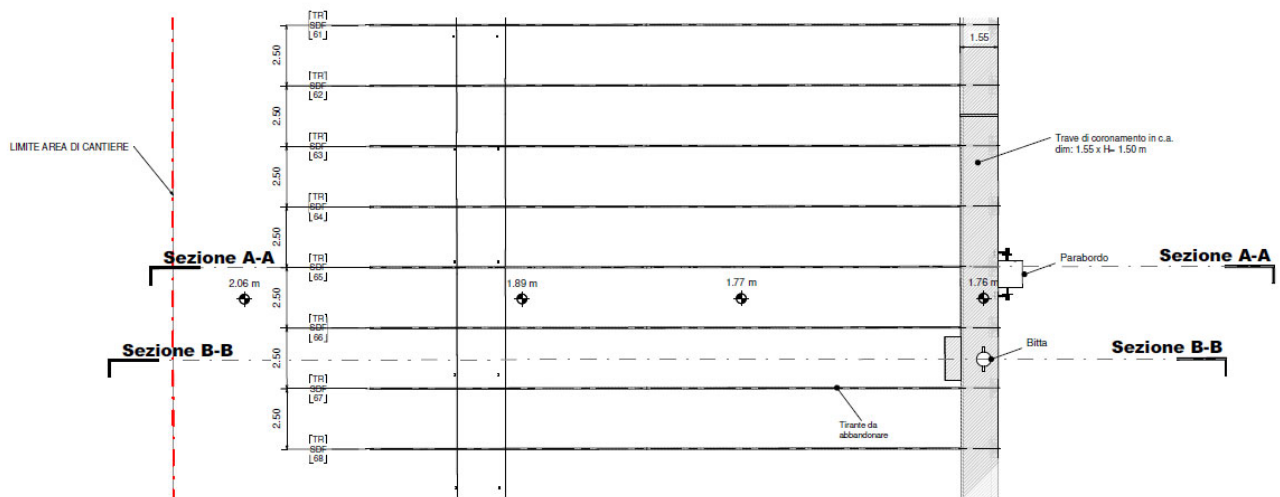


Figura 38 - Stralcio planimetrico situazione di rilievo

La soluzione strutturale adottata in fase di progettazione definitiva prevede la realizzazione di una nuova struttura resistente (parete combinata palo-palancola) a tergo della parete combinata esistente e la formazione di nuovi tiranti inclinati, previa esecuzione di colonne in ghiaia per ridurre il rischio di liquefazione delle sabbie che presentano uno spessore di circa 11,0 m. In particolare il progetto prevede:

- infissione di una parete combinata palo-palancola a tergo dei diaframmi esistenti, costituito da tubolare $\varnothing 1219$ sp. = 20 mm e palanca intermedia AZ13-700, con interasse pali d:2,64 m. Il palo è esteso fino a -29,00 m su l.m.m., mentre le palancole intermedie sono estese fino a -21,00 m da l.m.m.;
- taglio di trefoli interferenti con la parete combinata di progetto e formazione di ancoraggi provvisori;
- completamento della posa in opera della parete combinata di progetto;
- trattamento colonnare diffuso mediante vibroflottazione per un'area estesa da 5m a 30 m dal ciglio banchina
- formazione di nuova trave di banchina di solidarizzazione tra le strutture esistenti e quelle di nuova formazione;
- realizzazione di nuovi tiranti di ancoraggio a bulbo iniettato con tecnologia IRS di lunghezza 35 m, inclinazione alternata (15° e 20° sull'orizzontale) ed interasse 1,50 m, con 15 m di parte libera e 20 m di fondazione, armati con barra Dywidag $\varnothing 47$;
- ripristino della rete elettrica secondaria con n.2 cavidotti $\varnothing 200$ per ogni dorsale ortogonale (n. 4) alla linea di banchina L=30m.
- realizzazione di N.2 nuovi cavidotti in PVC di diametro $\varnothing 200$ e n. 1 cavidotto $\varnothing 300$ per predisposizione impianti con pozzetti con interasse di 20m.

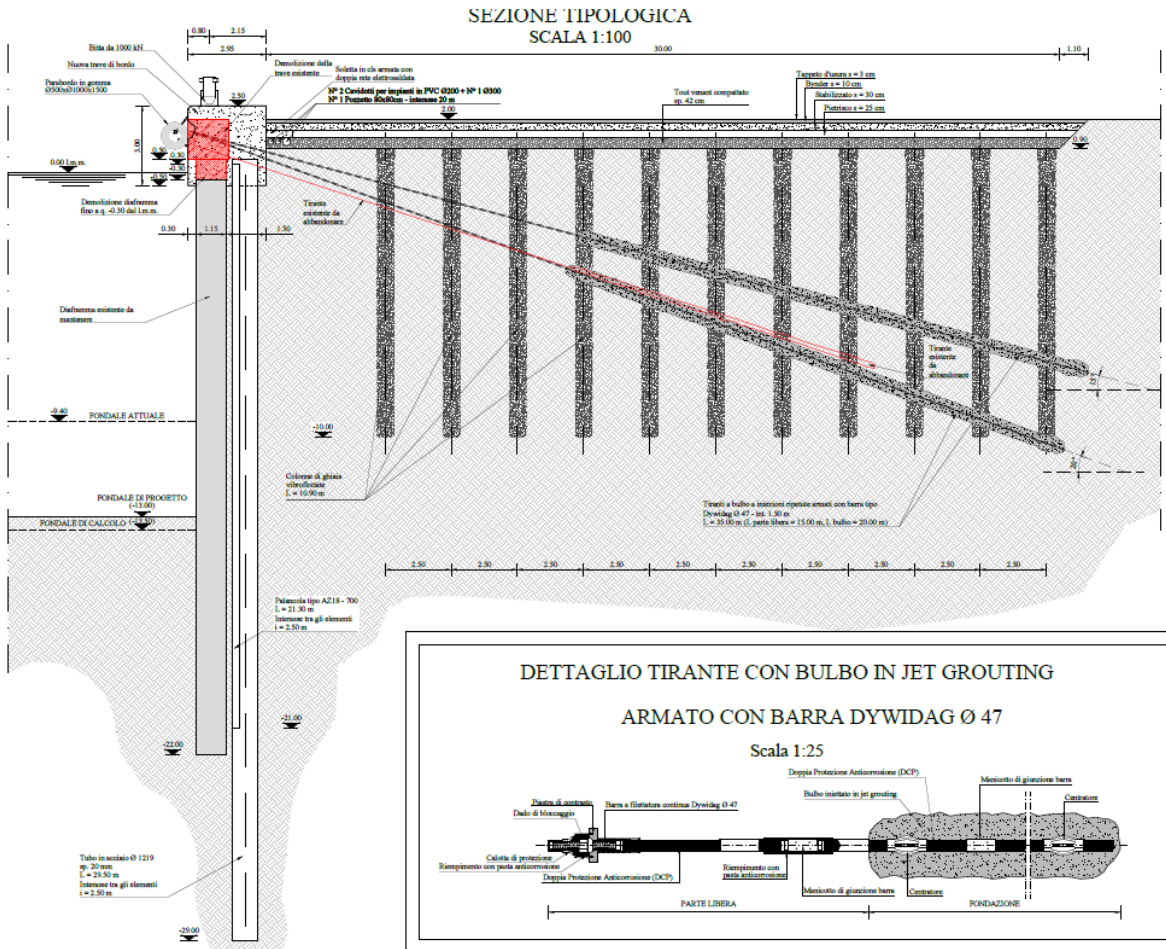


Figura 39 – Sezione tipologica di progetto definitivo

8.3.8 Banchina M – Docks Piomboni

La banchina Docks Piomboni Nord è collocata lungo il canale Candiano in sponda destra (a Sud), prospiciente il bacino di evoluzione di Largo Trattaroli.

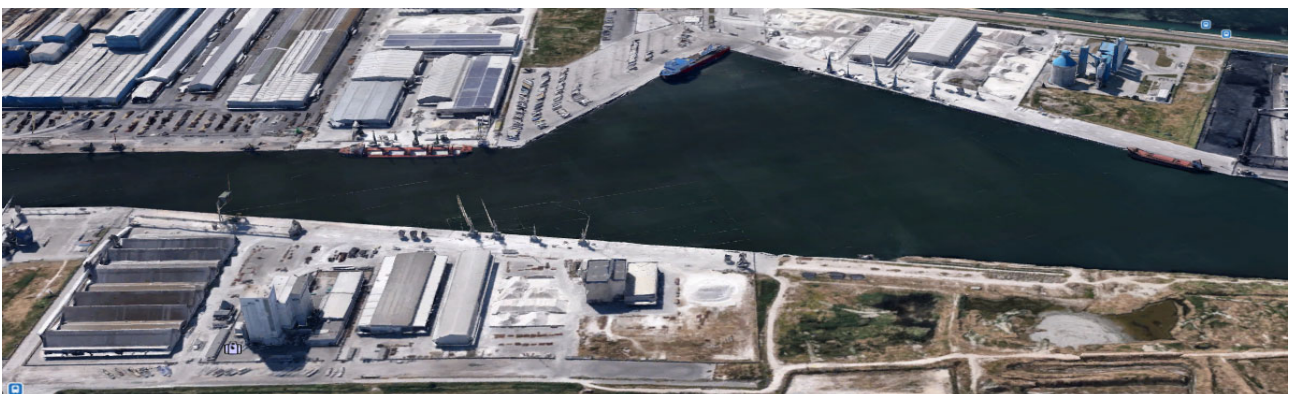


Figura 40 – Individuazione della banchina Docks Piomboni Nord

La banchina interessata dagli interventi, realizzata tra il 1998 ed il 2000, presenta lunghezza pari a **215,83 m** e risulta in concessione alla società Eurodocks s.r.l., una società di sbarco/imbarco di merci, principalmente operante nell'ambito di minerali per l'industria della ceramica e del vetro, prodotti siderurgici, cereali e sfarinati fertilizzanti naturali per l'industria e l'agricoltura.

La struttura esistente è costituita da un palancolato metallico combinato da palancole principali ad H tipo HZ975A in combinazione 24 intercalati da elementi secondari ZH13. La palancola principale è estesa fino a -28,00 m su l.m.m. mentre la palancola secondaria fino a -25,00 m da l.m.m. La parete combinata è vincolata in testa con tiranti ad interasse di 4,0 m, con acciaio ad elevato limite elastico e a doppia protezione alla corrosione, che trovano ancoraggio in piastre in c.a. poste a 36 m dalla banchina ed immerse nel suolo ad idonea profondità (-3,50 m da l.m.m.).

L'intervento di consolidamento delle strutture esistenti parte dalla necessità di rendere compatibile il banchinamento alle prestazioni previste dal Piano Regolatore Portuale (PRP) vigente che prevede, in particolare, un fondale operativo a -14,50 m da livello medio mare.

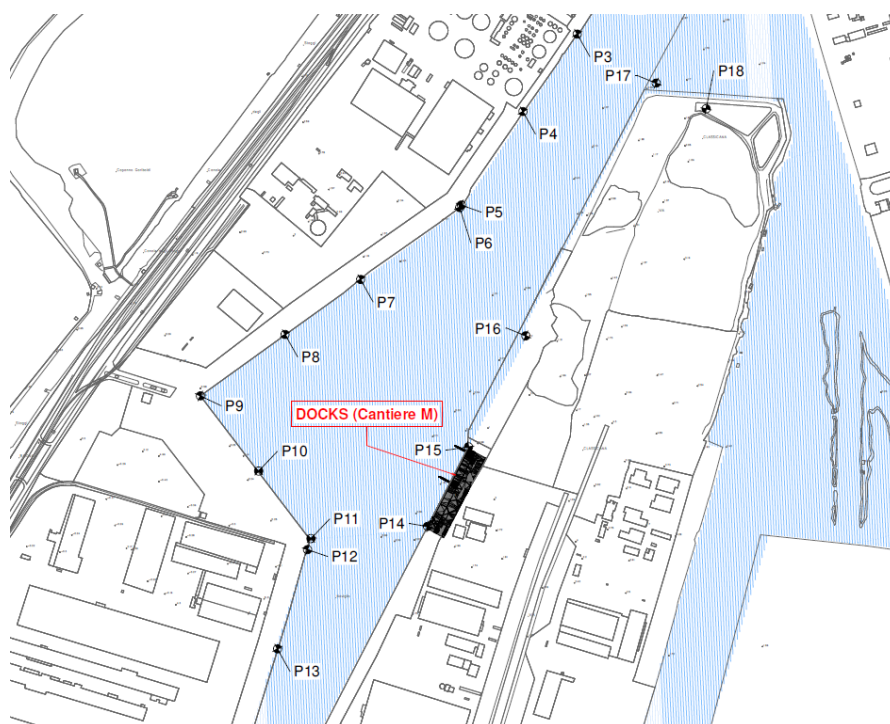


Figura 41 – Inquadramento Banchina Docks Piomboni

In accordo al capitolo 8 del DM 17.01.2018, per procedere ad un intervento su una struttura esistente è necessario procedere ad una valutazione conoscitiva dell'opera e del suo stato di conservazione.

La situazione allo stato di fatto della banchina Docks Piomboni è stata ricostruita a partire sia dalle informazioni contenute all'interno del progetto definitivo sia dalla campagna di indagine e di rilievo condotte dal G.C. nelle fasi preliminari alla progettazione esecutiva degli interventi.

Allo stato attuale la banchina Docks Piomboni presenta le seguenti caratteristiche geometriche e prestazionali:

- piano di banchina +2,50 m da l.m.m. (da rilievo +2,25 m da l.m.m.)
- fondale operativo -11,50 m da l.m.m.
- sovraccarico di banchina 60 kPa
- bitte da 500 kN ad interasse 24,00 m

Si riportano di seguito la sezione tipologica ed uno stralcio planimetrico della banchina allo stato di rilievo

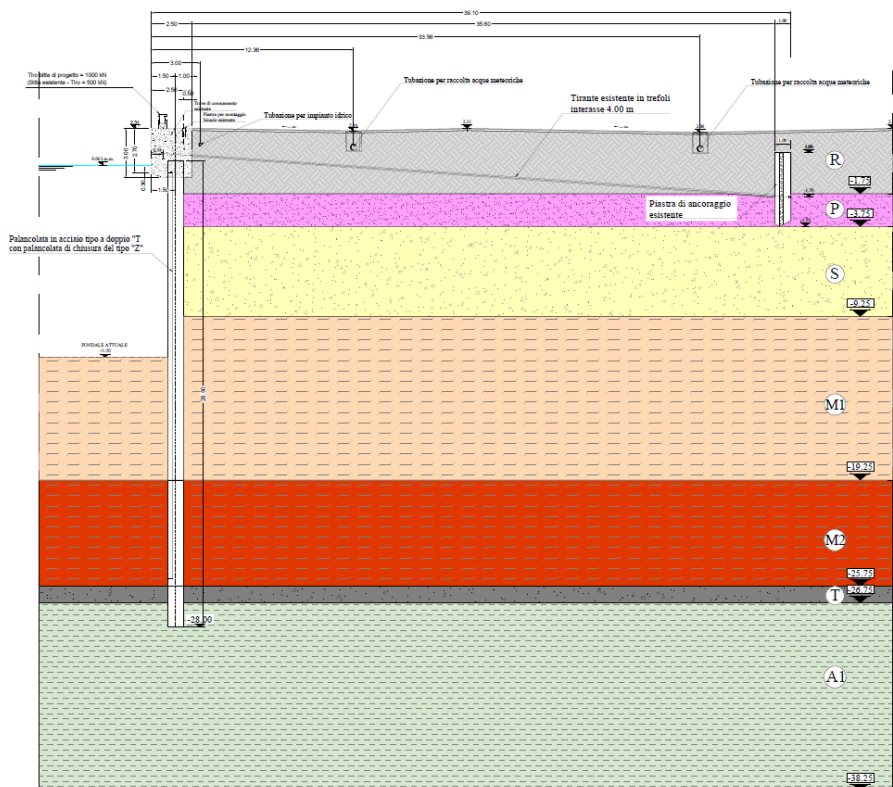


Figura 42 - Sezione tipologica situazione di rilievo

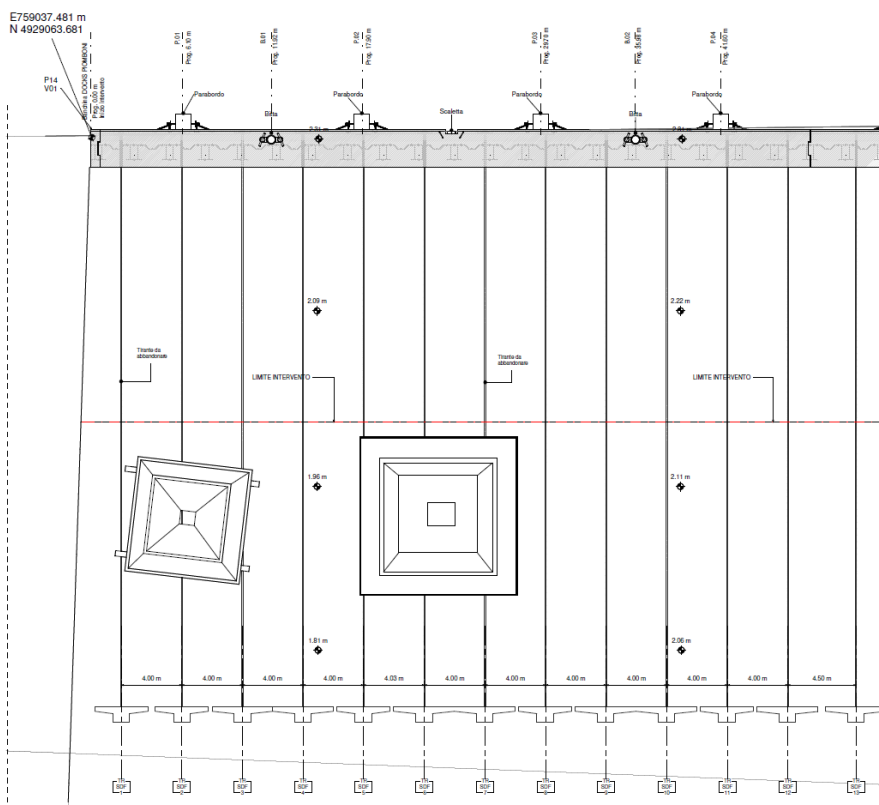


Figura 43 - Stralcio planimetrico situazione di rilievo

In fase di progettazione definitiva sono stati definiti i seguenti interventi strutturali per l'adeguamento dell'opera alle prestazioni richieste:

- ancoraggi integrativi in corrispondenza della paratia esistente, vincolati alla trave di coronamento, aventi lunghezza pari 36 m, interasse pari a 2,0 m, inclinazione di 17° sull'orizzontale, con 18 m di parte libera e 18 m di bulbo attivo, armati con barre Dywidag $\varnothing 47$; il bulbo di fondazione sarà realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;
- pali in c.a. di medio diametro a monte della paratia di rinforzo del terreno e trasferimento in profondità dei carichi di superficie, $\varnothing 600$, interasse trasversale 3,20 m, interasse longitudinale 4,00 m, estesi da +0,3 a -28,0 m da l.m.m.;
- pulvini di ripartizione in testa ai pali d600mm di rinforzo, aventi dimensioni $1,70 \times 1,70 \times 0,60$ m, tra le quote di +0,30 e +0,90 m su l.m.m.;
- geogriglia strutturale di rinforzo bidirezionale, con resistenza a breve termine in direzione longitudinale allo sviluppo della banchina pari a 800 kN/m e in direzione trasversale pari a 400 kN/m;
- rilevato in tout venant compatto in grado di ospitare il pacchetto della pavimentazione di banchina;
- demolizione e rifacimento di parte della trave di banchina (spigolo in alto lato mare) per creare le nicchie di ancoraggio delle testate degli ancoraggi integrativi, preservando le armature esistenti.

Si riporta di seguito sezione tipologica degli interventi previsti in fase di progettazione definitiva:

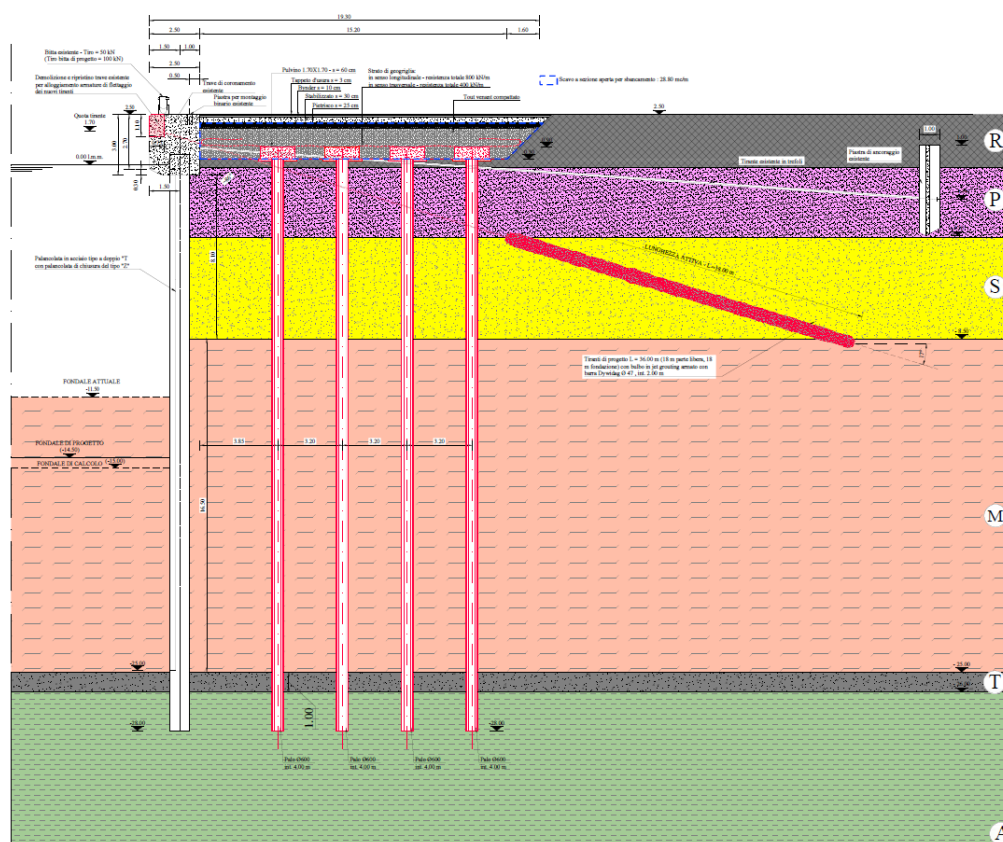


Figura 5 - Sezione tipologica intervento da progetto definitivo

La soluzione strutturale per l'adeguamento dell'opera, riprendendo la soluzione progettuale prevista dal progetto definitivo posto a base d'appalto, prevede il mantenimento delle strutture esistenti, in buono stato di conservazione, integrando il sistema di ancoraggio mediante realizzazione di nuovi tiranti con bulbo in jet grouting. È inoltre previsto un intervento di rinforzo del cuneo attivo con realizzazione di pali di rinforzo di medio diametro in grado di trasferire i carichi di superficie agli strati di terreno più profondi, limitando i tassi di sfruttamento del palancolato e del sistema di ancoraggio esistenti.

La soluzione prevede:

- realizzazione di ancoraggi integrativi in corrispondenza della paratia esistente, a partire dalla trave di banchina, di lunghezza 36 m, interasse pari a 2,0 m, inclinazione di 17° sull'orizzontale, con 18 m di parte libera e 18 m di fondazione, armati con barra cava autoperforante $\varnothing 90/70$; il bulbo di fondazione sarà realizzato con un trattamento coassiale in jet grouting;
- pali in c.a. di medio diametro a monte della paratia di rinforzo del terreno e trasferimento in profondità dei carichi di superficie, $\varnothing 600$, interasse trasversale 3,20 m, interasse longitudinale 4,00 m, estesi da +0,3 a -28,0 m da l.m.m.;
- pulvini di ripartizione sopra i pali di rinforzo, in c.a., di dimensioni $1,70 \times 1,70 \times 0,60$ m, tra le quote di +0,30 e +0,90 m su l.m.m.;
- geogriglia strutturale di rinforzo bidirezionale, con resistenza a breve termine in direzione longitudinale allo sviluppo della banchina pari a 800 kN/m e in direzione trasversale pari a 400 kN/m;
- rilevato in tout venant compattato in grado di ospitare il pacchetto della pavimentazione di banchina;

Si riporta di seguito una sezione tipologica dell'intervento di progetto previsto per il consolidamento della banchina Docks Piomboni.

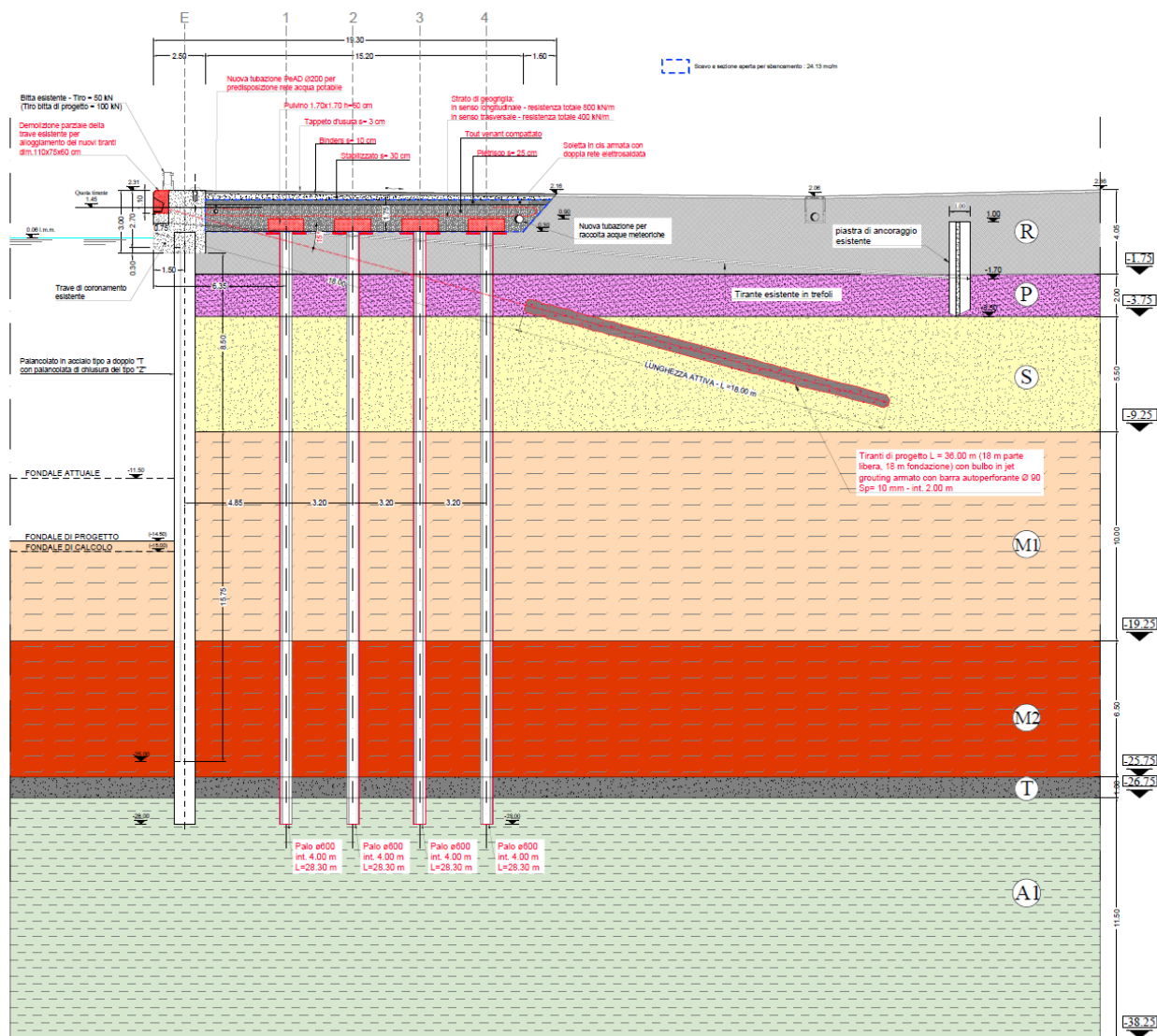


Figura 5 - Sezione tipologica intervento da progetto esecutivo

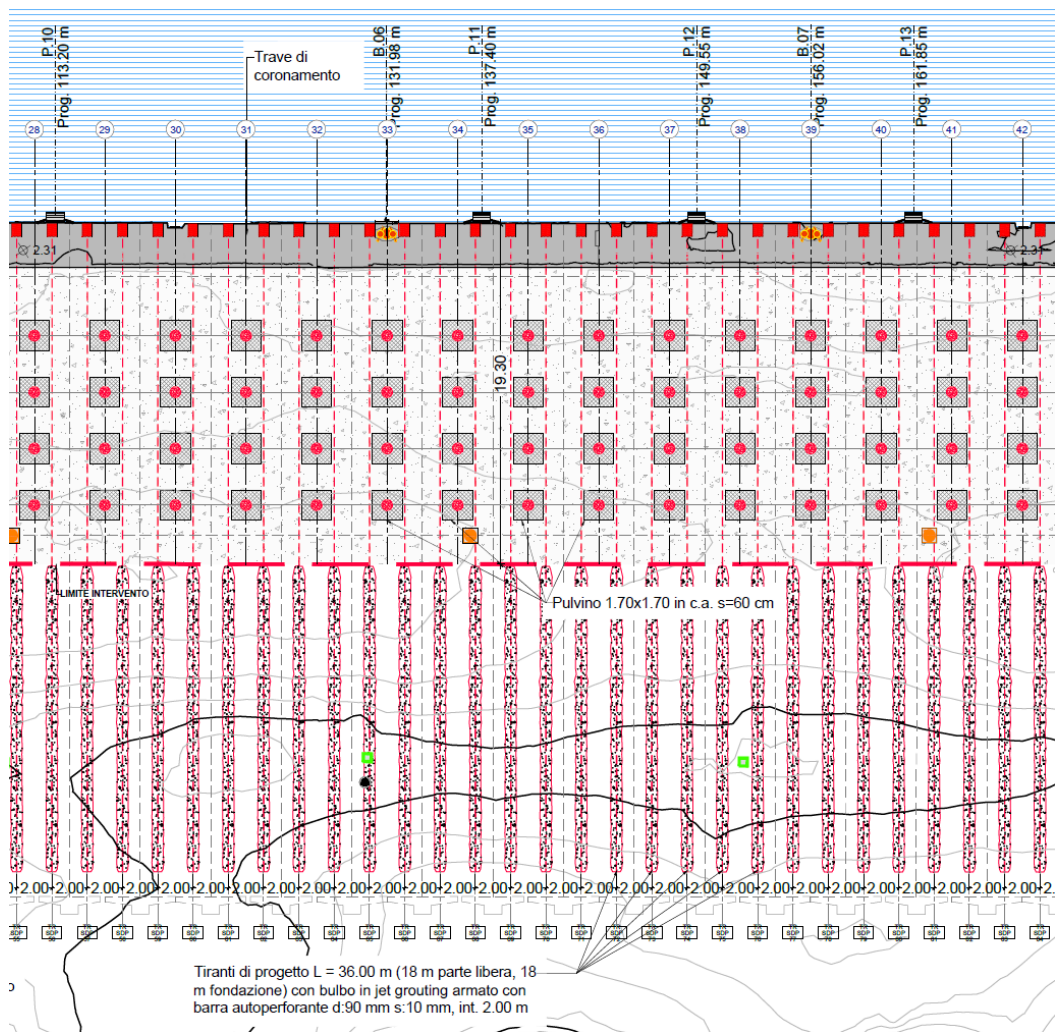


Figura 5 – Stralcio opere strutturali da progetto esecutivo

8.4 NUOVO TERMINAL CONTAINER

Il nuovo terminal Container, Banchina N prevede:

- Sopraelevazione banchina esistente (lunghezza 310.16 m) – banchina N1
- Nuovo tratto (lunghezza 681.51 m + risolto 75 m) – banchina N2



Figura 44 – Individuazione del Nuovo Terminal Container (Banchine N1 e N2)

8.4.1 Banchina N1 - Sopraelevazione



Figura 45 – Individuazione del Nuovo Terminal Container (Banchine N1 e N2)

Nonostante la banchina N1 sia di recente costruzione (realizzata nel 2007-2008) dovrà essere adeguata a mutate esigenze d'uso che prevedono:

- L'utilizzo di n.1 gru a portale con scartamento di circa 19 m in luogo della iniziale previsione di una gru con scartamento di 30,48 m;
- Una quota del piano di banchina a +3,50 m su l.m.m. invece della precedente previsione di 2,50 m su l.m.m.
- Un fondale operativo a -14,50 m su l.m.m. (-15,00 m su l.m.m. di calcolo) in accordo alle previsioni del Piano Regolatore Portuale.

Con queste premesse il progetto di intervento sul banchinamento, agendo su una struttura completamente realizzata e introducendo significative variazioni delle sollecitazioni, va inquadrato nell'ambito degli interventi di adeguamento di strutture esistenti, ai sensi delle previsioni del capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle Norme vigenti (DM 17 gennaio 2018), che ne stabilisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi su tali costruzioni.

Secondo quanto previsto risulta necessario individuare il livello di conoscenza delle opere realizzate ed eseguire una valutazione completa della sicurezza nei riguardi delle azioni di progetto stabilite per le nuove costruzioni, con deroga nei riguardi delle sole prescrizioni sui dettagli costruttivi purché siano garantite le prestazioni in termini di resistenza, duttilità e deformabilità prescritte per i vari stati limite.

La soluzione scelta per realizzare la **sezione corrente del Nuovo Terminal** consiste quindi in una struttura composita e specializzata costituita da un robusto palancolato metallico lato mare per sostenere la spinta delle terre, con rip perforazione dei pali in acciaio diametro 1.8 m tale da consentire la realizzazione di pali in c.a. armati a tutta lunghezza con funzione di rinforzo della parete combinata e di fondazione profonda nei confronti delle azioni verticali derivanti dalla gru STS di futura installazione.

Inoltre, considerato che nell'area del nuovo terminal erano presenti in passato casse di colmata e che l'area non è mai stata utilizzata, si prevede la realizzazione di una precarica prima dell'inizio della costruzione delle nuove opere per consolidare ed uniformare la risposta dei terreni presenti. Tale precarica sarà eseguita per settori (7) utilizzando il medesimo materiale arido che sarà impiegato per l'elevazione del piano d'imposta fino all'intradosso del pacchetto di pavimentazione. Al di sotto delle precariche sarà preventivamente eseguito un trattamento migliorativo con colonne in ghiaia diametro 600 mm avente anche funzione di accelerazione dei tempi di consolidamento delle singole precariche, da monitorare mediante apposita strumentazione composta da assestimetri a piastra (posizionate alla base del rilevato) e mire topografiche (da posizionare in testa al rilevato).

In sintesi, la sezione corrente del banchinamento in progetto ha le seguenti caratteristiche:

- Palancolato combinato in acciaio tipo Tubo1825/ AZ18 (interasse tubi 3.15 m) esteso fino a -25.00 m s.l.m.m, con trivellazione successiva all'interno del tubolare formando un palo in calcestruzzo armato fino a quota -34.50 m s.l.m.m;
- Nuova trave di coronamento con inserimento della rotaia e canaletta per ricovero cavi elettrici per alimentazione della gru;
- Trave portarotaia lato terra sorretta da pali Ø 1000 mm, i=3.15m, esteso fino a -34.50 m s.l.m.m;
- Consolidamento del terreno mediante colonne in ghiaia Ø 600mm;
- rilevato in materiale arido compattato in grado di ospitare il pacchetto della pavimentazione di banchina;
- barra orizzontale di collegamento con barra tipo GEWI ad interasse 1,575 m;
- Trave martello costituita da palificata in c.a. ø1000, ad interasse 1,575 m, profondità -17.00 m s.l.m.m.

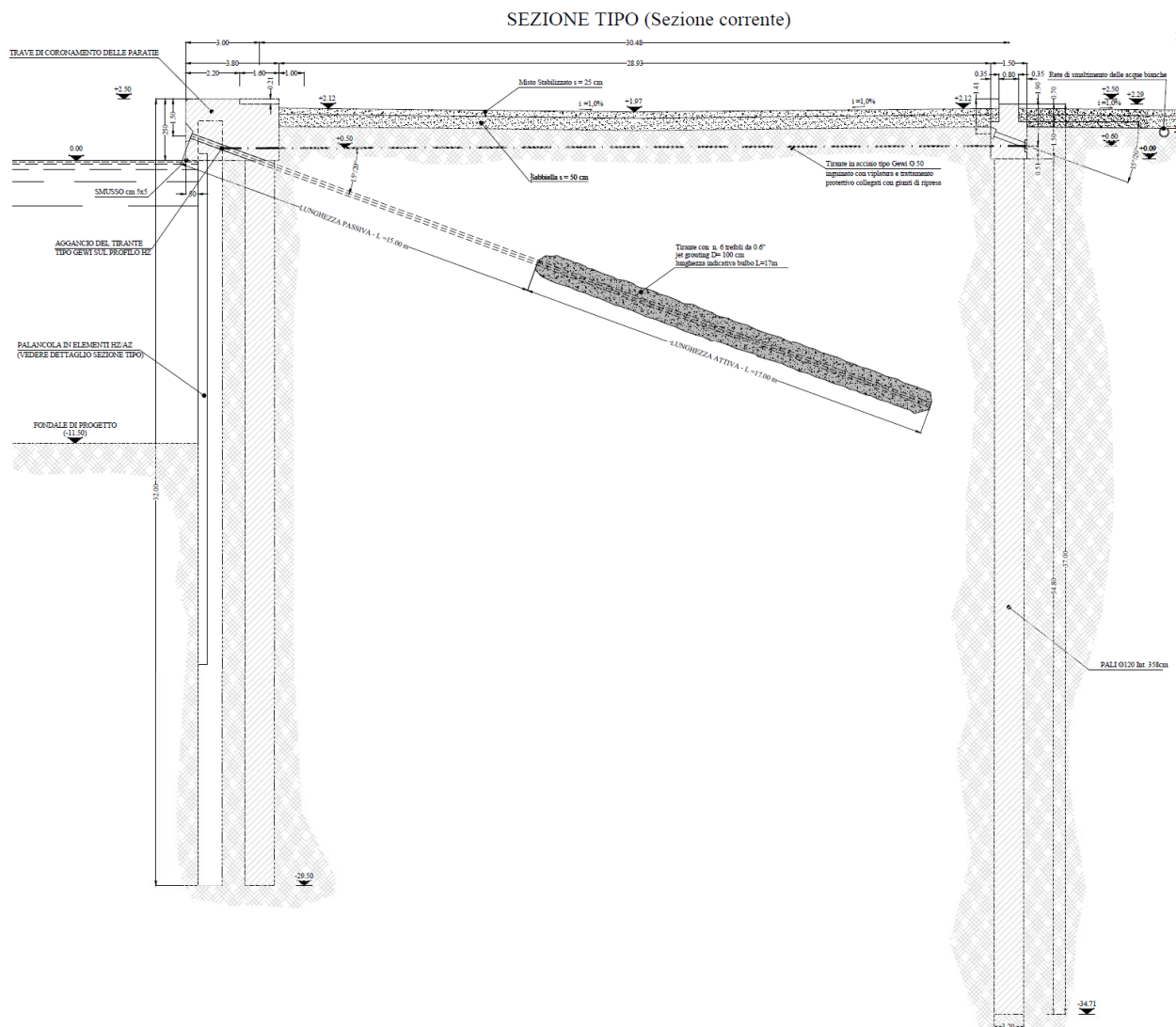


Figura 46 – Stato di fatto - Sezione corrente (Estratto dalla 2ª Perizia di Variante – Sezioni Tipologiche: Tiranti con Jet Grouting)

La struttura di banchina è composta da una parete combinata HZ975C-AZ18 con piede a quota -29.50 m s.l.m.m. (-29.80 m su l.m.m. in corrispondenza delle bitte) ed è ancorata in testa mediante tiranti a n. 6 trefoli da 0.6" (n.8 trefoli in corrispondenza delle bitte) pretesi inclinati alternativamente di 15° e 20° sull'orizzontale con bulbo in jet-grouting di diametro 1 m e lunghezza 17 m.

La struttura è completata da una doppia fila di pali trivellati, diametro 1200 mm e interasse 3.58 m, che fungono da fondazione delle vie di corsa della futura gru a portale. La fila di pali lato mare ha piede a quota -29.50 m s.l.m.m ed è collegata al palancolato tramite una trave di coronamento in c.a., la fila di pali lato terra, che dista circa 30 metri rispetto alla via di corsa lato mare, ha piede a quota -34.71 m s.l.m.m. ed è collegata in testa da una trave in c.a. che presenta una predisposizione per l'installazione di un tirante inclinato di 15/20° rispetto all'orizzontale.

Le due file di pali sono mutuamente collegate mediante tiranti a barra tipo Gewi Ø50 (Ø63.5 in corrispondenza delle bitte) posti ad interasse di 1.79 m.

L'intervento prevede le seguenti fasi realizzative:

- Scavo di sbancamento fino a quota +0.10 m s.l.m.m., al fine di evidenziare i tiranti orizzontali esistenti, e rimozione delle sovrastrutture quali recinzioni e sottoservizi
- Rimozione dei tiranti
- Realizzazione dei nuovi pali trivellati Ø600 a sostegno della pavimentazione del piazzale retrobanchina e dei pali Ø1000 che costituiscono le fondazioni delle vie di corsa della gru a portale
- Consolidamento del terreno nell'area di stoccaggio mediante colonne in ghiaia Ø600
- Reinserimento dei tiranti di ancoraggio precedentemente rimossi
- Realizzazione delle travi di collegamento dei pali Ø600 e di parte della trave di fondazione della via di corsa lato terra
- Sopraelevazione della trave di banchina
- Completamento della trave di fondazione della via di corsa lato mare
- Rinterro fino a quota +2.50 m s.l.m.m. e realizzazione della pavimentazione di piazzale

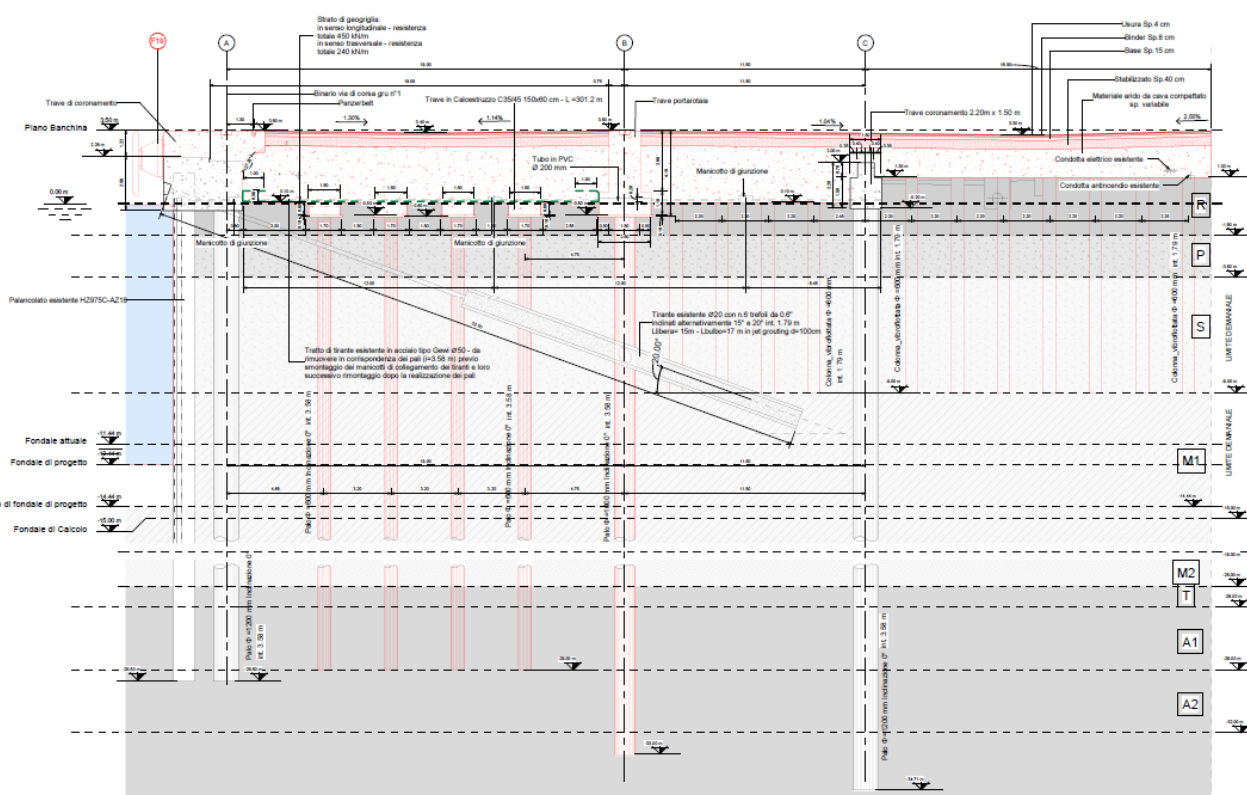


Figura 47 – Banchina N1 – Sezione di progetto.

8.4.2 Banchina N2 – Nuovo Tratto

L'intervento prevede le seguenti fasi realizzative:

- Stato di partenza quota +1.50 m slmmm
- Scavo di sbancamento fino a quota +0.70 m s.l.m.m.
- Consolidamento del terreno nell'area mediante colonne in ghiaia Ø600, maglia 1.575 x 2.50 m, con due lunghezze:
 - 16.7 m, nell'area di banchina fra le due vie di corsa della futura gru STS
 - 10.7 nell'area a tergo
- Realizzazione rilevati di precarica per settori successivi (no.7)
- Contestuale realizzazione della paratia lato mare mediante:

- Vibroinfissione della parete combinate in acciaio (tubo D1.825 m / palancola AZ18) fino a quota -25 m slmm
- Trivellazione all'interno dei tubi fino a quota -34.50 m slmm per formazione di palo in c.a. diametro 1.8 m
- Realizzazione della trave di coronamento secondo sagoma di progetto, con inserimento delle bitte e dei panzerbelt
- Rimozione dei rilevati di precarica fino a quota +0.70 m slmm
- Realizzazione pali Ø1000 che costituiscono le fondazioni delle vie di corsa della gru STS fino a quota -34.50 m slmm e la trave martello (-17 m slmm)
- Realizzazione ancoraggio fra la paratia e la trave martello mediante tiranti a barra interasse 1.575 m
- Realizzazione delle travi di collegamento dei pali Ø1000 (via di corda lato terra e trave martello).
- Rinterro con materiale arido, posa impianti e realizzazione della pavimentazione di piazzale

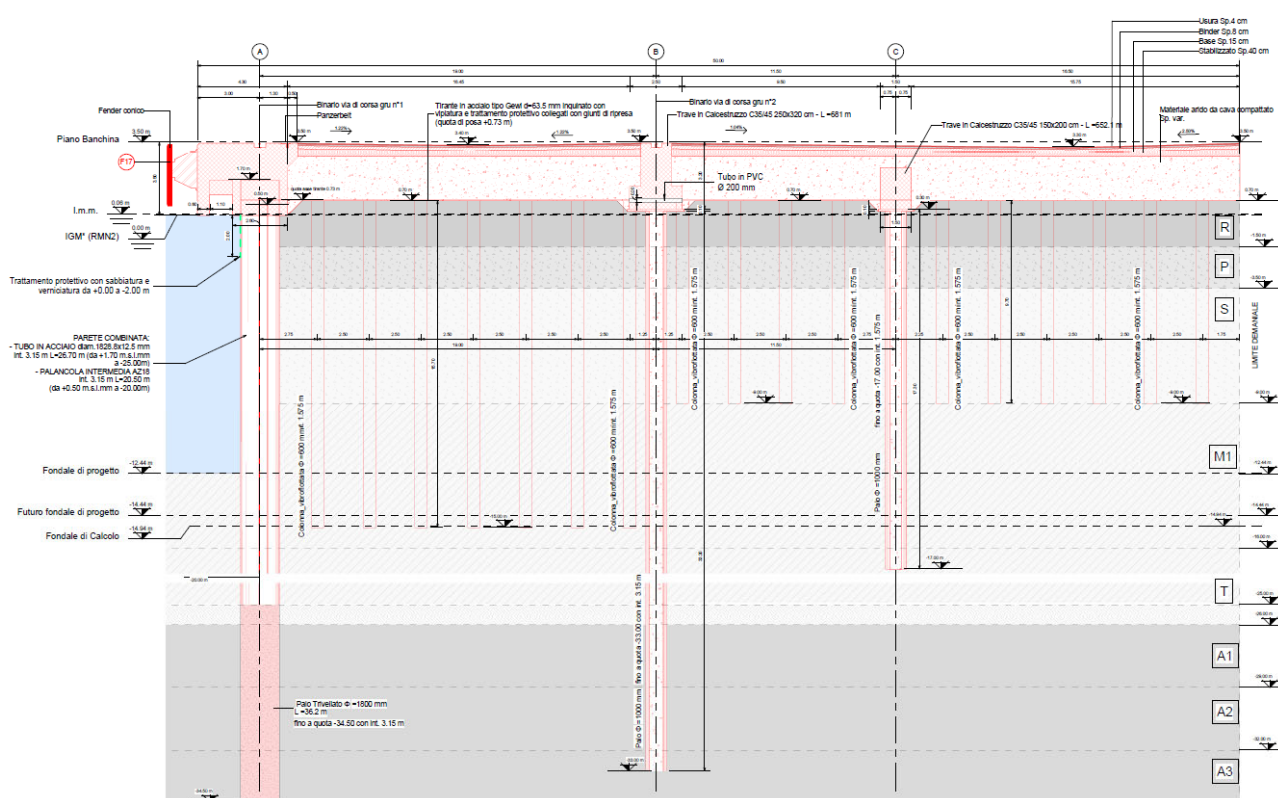


Figura 48 – Banchina N2 – Sezione di progetto.

8.5 ARREDI DI BANCHINA

Nel progetto Definitivo per le verifiche strutturali è stata prevista la maggiore nave possibile (nave di progetto indicata da 100'000t). I fender delle banchine sono stati selezionati per analogia a quelli esistenti, come confermato da AdSP in data 16/07/21.

Per le verifiche degli arredi, in particolare dei parabordi (che nel Progetto Definitivo per le banchine lato sinistra canale sono previsti di tipo cilindrico), per il PE l'AdSP ha comunicato di procedere far riferimento alle navi indicate nella relazione di cantierizzazione del Progetto Definitivo (rif. doc. 1114.GEN.N – Relazione di cantierizzazione_Rev1 di Nov. 2019), per quanto riguarda la lunghezza

Pertanto, per quanto riguarda le banchine in appalto che prevedono interventi sulla trave di coronamento esistente e la fornitura di nuovi arredi si è proceduto ad effettuare il dimensionamento dei parabordi secondo le linee guida PIANC del 2002.

Con riferimento alle banchine ALMA, LLOYD ed IFA, le analisi condotte con riferimento alle tipologie di navi che usualmente ormeggiano in tali banchine (CFR relazione sulla cantierizzazione del Progetto Definitivo) definiscono valori di energia da assorbire incompatibili con le dimensioni dei parabordi previsti in fase di progettazione definitiva (d.est 1000 mm – d,int 500 mm – L = 1500mm).

Si è pertanto verificata la possibilità di utilizzare una diversa tipologia di parabordi super con fenders) al fine di ottenere tali performances con le stesse dimensioni di ingombro dei parabordi del PD ma tale scenario non risulta perseguibile, in quanto le modalità di ancoraggio risultano incompatibili con le posizioni delle nicchie di ancoraggio esistenti e di progetto.

Si è proceduto pertanto ad effettuare le verifiche su parabordi cilindrici di maggiori dimensioni e per tali banchine si è optato per la fornitura di parabordi cilindrici aventi d.est 1600 mm d.int 800 mm – L = 2500mm. Tali parabordi, essendo ancorati mediante catene al tubolari metallico centrale forniscono maggiore grado di libertà di ancoraggio al prospetto della banchina e quindi alle interferenze con le nicchie.

Per quanto riguarda le banchine Trattaroli Sud, Nord, Docks Piomboni, non avendo il Progetto Definitivo previsto attività sulla trave di coronamento esistente e nemmeno la fornitura di nuovi parabordi, in questa fase non sarebbe proficuo effettuare nessuna valutazione.

Anche con riferimento alle risposte dell'AdSP circa la sostituzione delle bitte di Trattaroli richiesta all'interno della relazione sulle criticità, ovvero "Attualmente non si prevede la sostituzione delle bitte e nemmeno un intervento sulla trave".

Sarà inserito un paragrafo nella relazione generale di ogni banchina (che ci atterremo a quanto previsto da AdSP).

Banchina N1: Per la banchina N1 è previsto nel PD il mantenimento degli attuali parabordi cilindrici, aventi caratteristiche simili a quelli progettati per la banchina Alma. Nel nuovo Terminal N2 invece si adottano nuovi parabordi conici con pannelli di 3.0 x 2.3 m.

Dall'analisi eseguita si evidenzia, per le navi ipotizzate, come i parabordi presenti nella banchina N1 non risultano idonei all'accosto di navi Panamax o Post Panamax: si adotteranno i medesimi Super Cone Fenders di N2 (e non ci sono problemi di interferenze).

Per la Bunge Sud, dalle analisi condotte, i parabordi cilindrici previsti nel Progetto Definitivo possono ritenersi idonei a garantire l'accosto in sicurezza delle navi di progetto, purché le operazioni di accosto siano condotte in modo ben controllato e nel rispetto delle velocità limite indicate nella tabella 5 (Relazione arredi che invieremo). Si evidenzia che tali raccomandazioni non appaiono di difficile attuazione, considerate le condizioni particolarmente favorevoli che caratterizzano l'area di accosto esaminata.

Per le verifiche si rimanda alle relazioni degli arredi delle singole banchine.