



Comune di Messina

IMPRESA APPALTATRICE



30015 Chioggia (VE)
Banchina F - Val da Rio
www.coedmar.it

Tel. +39 041 4967 925
Fax +39 041 4967 914
contratti@coedmar.it

COOPTATA



40132 Bologna
Via M. E. Lepido, 182/2
www.consorziointegra.it

Tel. +39 051 3161 300
integra@consorziointegra.it

PROGETTAZIONE



30035 Mirano (VE)
Viale Belvedere, 8/10
www.fm-ingegneria-com

Tel. +39 041 5785 711
Fax +39 041 4355 933
tremestieri@fm-ingegneria.com



20148 Milano
Via Caccialepori, 27

Tel. +39 02 8942 2685
Fax +39 02 8942 5133
mail@idrotec-ingegneria.it

Ing. Vincenzo Iacopino

Viale Regina Elena, 125 - Messina

Studio Tecnico Falzea

Via 1° Settembre, 37 - Messina

Arch. Claudio Lucchesi

Via Roma, 117 - Pace del Mela (ME)

Ing. Manlio Marino

Via Placida, 6 - Messina

Dott. Geol. Sergio Dolfin

Via Marina, 4 - Torre Faro (ME)

PROGETTO

**COMUNE DI MESSINA
LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA
LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO
SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE**

EMISSIONE

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO

A - PARTE GENERALE

Relazione di sintesi delle modifiche introdotte
al progetto definitivo adeguato

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1					
2					
3					
4					
5					

ELABORATO N.

A014

DATA: Ottobre 2017	SCALA: -	FILE: 1044_A014_0.doc	J.N. 1044
PROGETTO L. Masiero	DISEGNO L. Masiero	VERIFICA L. Masiero	APPROVAZIONE T. Tassi

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	MOLO FORANEO	9
2.1	SOLUZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO ADEGUATO	9
2.2	SOLUZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO.....	9
2.3	SVILUPPO DEL PROGETTO ESECUTIVO.....	12
2.3.1	Impalcato in c.a a quota +0.70 m slmm	12
2.3.2	Risagomatura Del Muro Paraonde.....	13
2.3.3	Giunti strutturali	14
2.3.4	Sistema di protezione dall'erosione	15
2.3.5	Parabordi di accosto.....	18
3	BANCHINA, SPERONE, SCOGLIERA SUD.....	19
3.1	BANCHINA - PALI DI FONDAZIONE	20
3.2	SPERONE – STRUTTURA DI ANCORAGGIO DEI PALI.....	22
3.3	SPERONE – SISTEMA DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE	23
4	INTERVENTI DI VIBROFLOTTAZIONE.....	25
5	OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI	26
6	IMPIANTO ILLUMINOTECNICO.....	27

1 PREMESSA

La presente relazione di sintesi illustra le modifiche apportate al progetto esecutivo rispetto al progetto definitivo adeguato a seguito delle indagini e studi integrativi eseguiti nel periodo marzo/aprile 2017 nell'area oggetto d'intervento relativi a:

- Rilievi batimetrici e conseguente aggiornamento del calcolo del moto ondoso.
- Studio di microzonazione sismica.

Nel seguito è riportata una sintesi dei principali risultati ottenuti da tali indagini e studi.

1 - Rilievi batimetrici: nel mese di febbraio del 2017 sono stati eseguiti dei nuovi rilievi in mare fino alla batimetrica di -80 m slmm.

La rielaborazione dei rilievi batimetrici ha evidenziato quanto segue:

- una parziale erosione della linea di costa in corrispondenza della zona di attacco fra radice del molo e la banchina di sperone, con accumulo del materiale nella zona immediatamente a Nord dell'area di darsena oggetto di dragaggio a -9 m slmm (vedere Figura 1 estratta dall'elaborato di progetto A103).

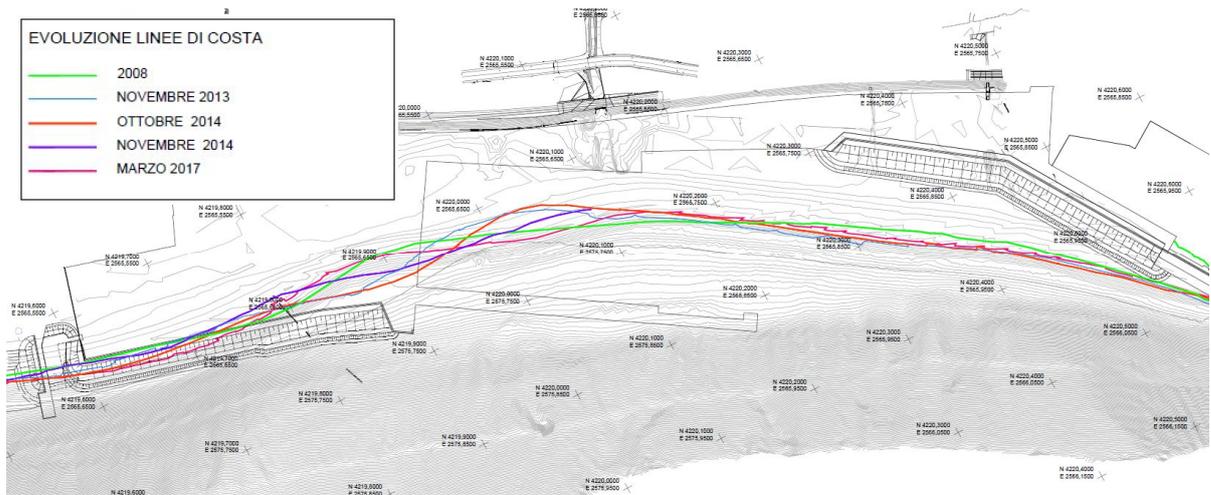


Figura 1: Evoluzione linea di costa (Tavola A103).

- Un'erosione del fondale marino nelle aree antistanti il molo foraneo. Come evidenziato nelle figure di seguito riportate estratte dagli elaborati di progetto, tale erosione risulta particolarmente significativa in corrispondenza della testata del settore D laddove il molo foraneo interessa fondali più profondi.

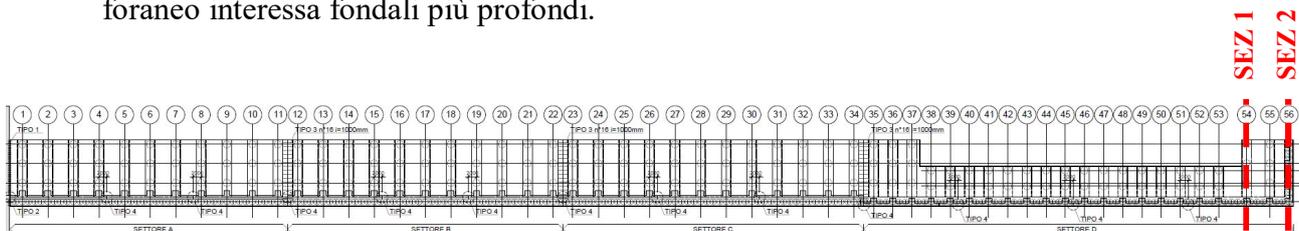


Figura 2: Molo foraneo – key plan.

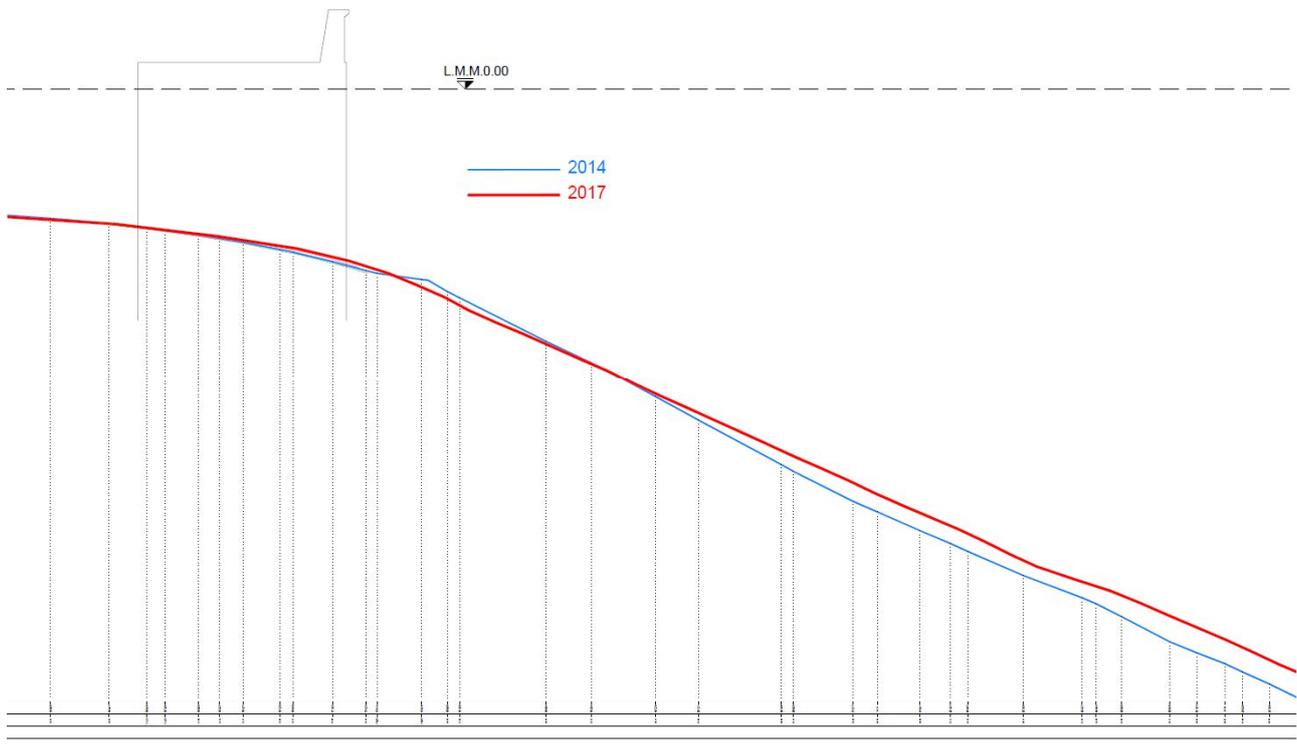


Figura 3: Molo foraneo – Settore D – sezione batimetrica (SEZ 1).

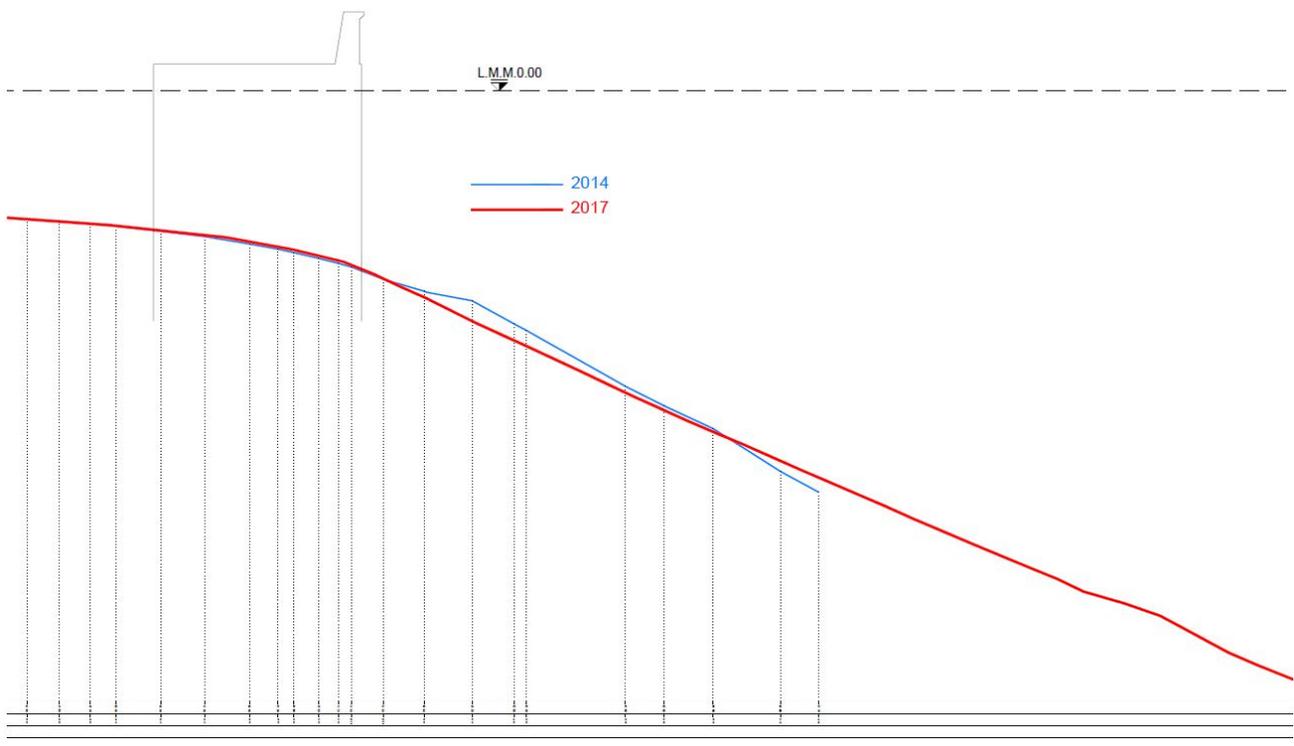


Figura 4: Molo foraneo – Settore D (testata) – sezione batimetrica (SEZ 2).

2 - Aggiornamento del calcolo del moto ondoso: sulla base dei rilievi batimetrici di cui al precedente paragrafo è stato effettuato un aggiornamento del calcolo del moto ondoso incidente sul molo foraneo.

Il calcolo delle pressioni d'onda sul molo foraneo eseguito per la fase di cresta e per la fase di cavo, evidenzia un incremento dell'azione del moto ondoso per la fase di cavo dell'ordine del 20% (evidenziato in rosso nelle tabelle seguenti).

Dati di input / Profondità a 5xHs e lunghezza d'onda

Tr [anni]	150
Hs ₀ [m]	6.79
Hs [m]	4.74
Tp [s]	11.71
Ts [s]	10.65

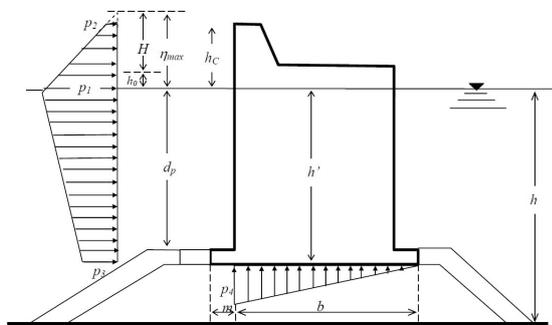
d [m]	h _b a 23.7 m (5*Hs)	L [m]
15.00	24.00	140.02
14.00	24.00	140.02
13.00	24.10	140.21
12.00	21.60	135.01
11.00	15.00	117.55
10.00	14.70	116.60
9.00	13.50	112.62
8.00	11.00	103.30

Calcolo delle pressioni dovute all'onda in fase di cresta

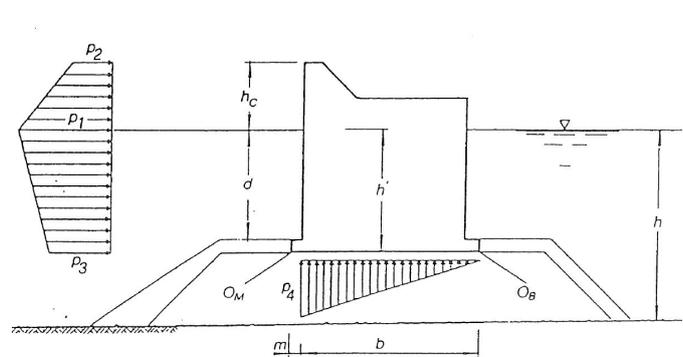
prof [m]	Teoria	PROGETTO ESECUTIVO (kPa)			PRESSIONI PD (kPa)			DIFFERENZA (%)		
		p1	p2	p3	p1	p2	p3	p1	p2	p3
15	Non frangimento (Sainflou)	7.52	1.64	5.56	7.50	1.63	5.57	0%	0%	0%
14		7.58	1.72	5.70	7.55	1.71	5.71	0%	1%	0%
13		7.64	1.81	5.85	7.61	1.80	5.85	0%	1%	0%
12		7.69	1.92	5.92	7.66	1.91	5.91	0%	1%	0%
11	Frangimento (Goda)	8.61	4.24	7.31	8.57	4.22	7.28	0%	1%	0%
10		9.02	4.44	7.86	8.98	4.42	7.82	0%	0%	1%
9		9.37	4.44	8.30	9.32	4.59	8.26	0%	-3%	0%
8		9.46	4.66	8.44	9.42	4.63	8.40	0%	1%	0%

ove:

- p1 pressione al livello medio mare
- p2 pressione alla sommità del muro paraonde
- p3 pressione alla quota del fondale



Non frangimento (Sainflou)



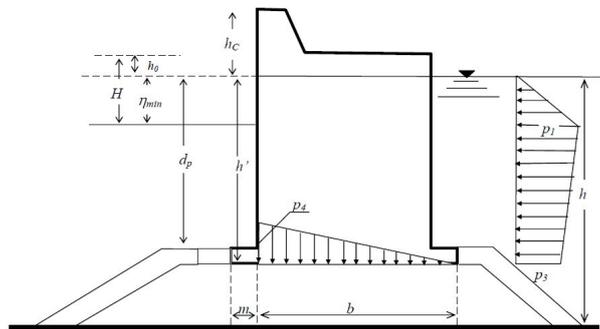
Frangimento (Goda)

Calcolo delle pressioni dovute all'onda in fase di cavo

prof [m]	Teoria	PROGETTO ESECUTIVO (kPa)			PRESSIONI PD (kPa)			DIFFERENZA (%)		
		p1	p2	p3=p4	p1	p2	p3=p4	p1	p2	p3=p4
15	(Saintflou)	6.45	0.00	6.63	5.70	0.00	6.65	12%	0%	0%
14		6.36	0.00	6.81	5.55	0.00	6.77	13%	0%	1%
13		6.25	0.00	6.98	5.41	0.00	6.98	14%	0%	0%
12		6.10	0.00	7.06	5.20	0.00	7.05	15%	0%	0%
11		5.89	0.00	6.96	4.86	0.00	6.81	18%	0%	2%
10		5.70	0.00	7.13	4.58	0.00	6.99	20%	0%	2%
9		5.45	0.00	7.26	4.22	0.00	7.08	23%	0%	2%
8		5.12	0.00	7.31	3.70	0.00	7.01	28%	0%	4%

ove:

- p1 pressione alla quota -hmin
- p2 pressione al livello medio mare
- p3 pressione alla quota del fondale



3 - Studio di microzonazione sismica: in ottemperanza al paragrafo §3.2.2 del Decreto Ministeriale 14/01/2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” è stato redatto dallo Studio Geotecnico Italiano uno studio di risposta sismica locale.

La risposta sismica in superficie, rappresentata dallo spettro di risposta elastico in accelerazione, è stata ricavata a partire dall’analisi di 3 profili di velocità delle onde di taglio e 7 accelerogrammi, per un totale di 21 analisi di propagazione non lineare. Nella figura seguente si riporta lo spettro di risposta elastico in superficie adottato per il progetto esecutivo, confrontato con lo spettro delle norme NTC08 per terreno di tipo C.

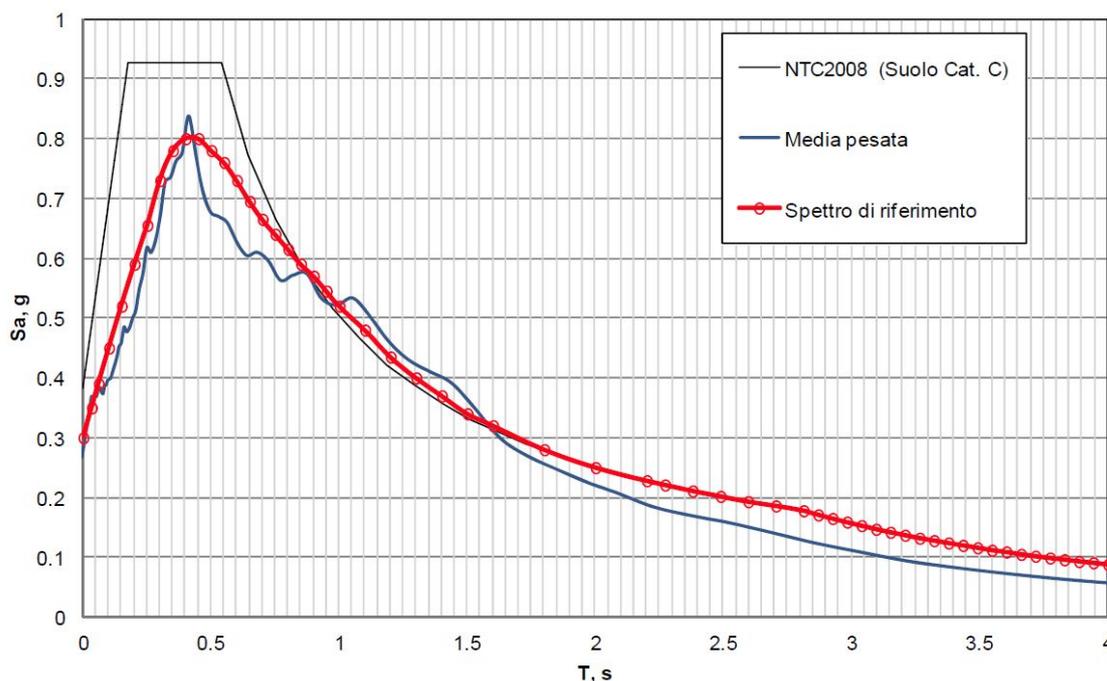


Figura 5: Sviluppo di risposta elastico e confronto con NTC’08.

Per facilitarne l’uso ai fini della progettazione, lo spettro medio pesato della figura precedente è stato approssimato da una curva lisciata, denominata “spettro di riferimento” nella legenda. Il confronto con lo spettro applicabile delle NTC2008 mostra che lo spettro di riferimento, derivato sfruttando tutti i dati utili provenienti da misure in sito e di laboratorio ha ordinate inferiori a quello standard delle NTC2008 nell’intervallo di periodi 0.0-0.8 s.

Lo studio ha elaborato uno spettro di risposta basato sulla reale configurazione del luogo evidenziando i seguenti valori tipici di Magnitudo (M) e *Peak Ground Acceleration* (PGA):

- M=6
- PGA=0.300 g

Sulla base dei nuovi rilievi batimetrici si è riscontrato che il fondale antistante il molo foraneo presenta, in alcune parti, pendenze superiori ai 15°.

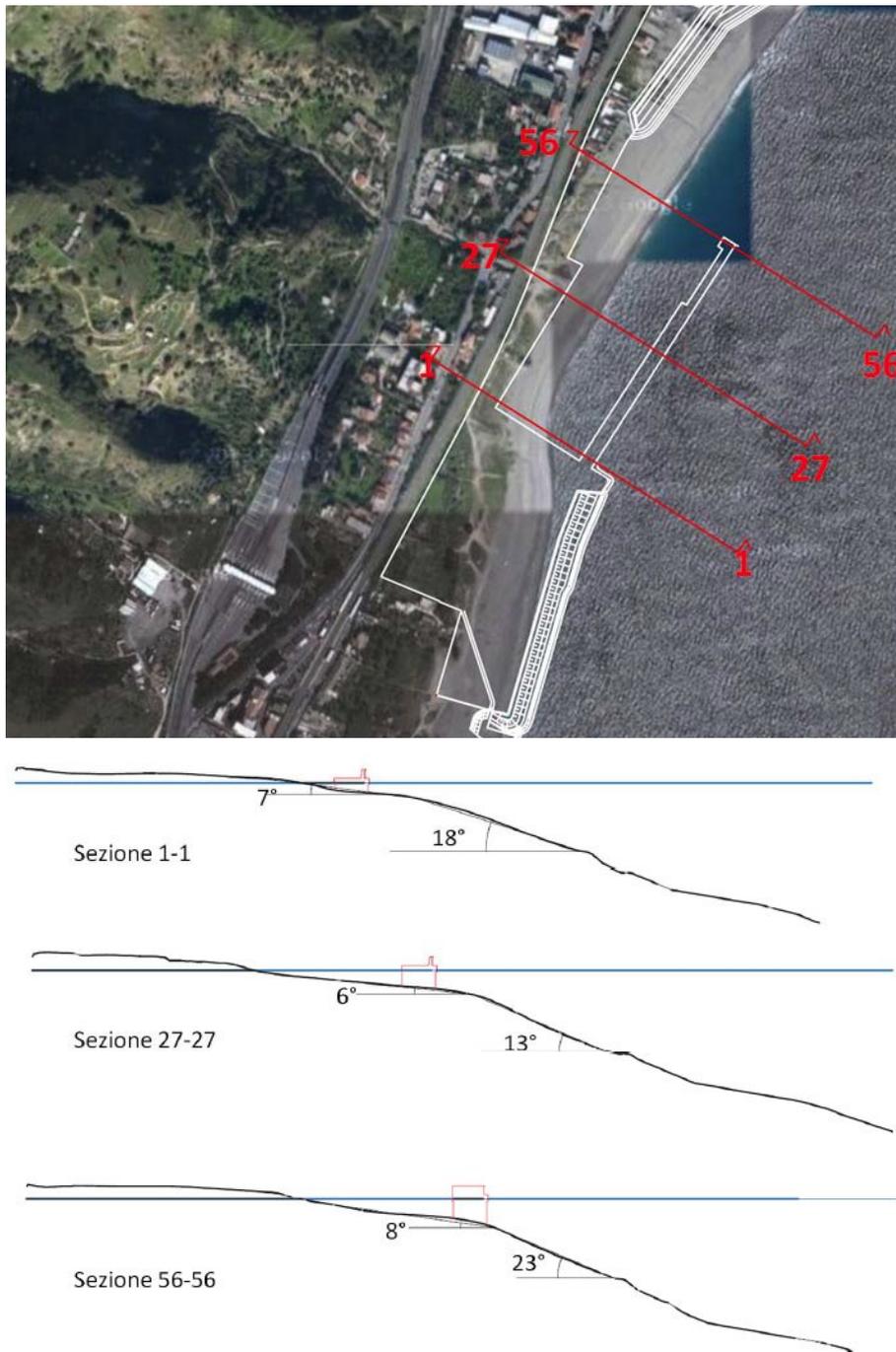


Figura 6: Sezioni topografiche in corrispondenza del molo.

In considerazione di quanto sopra, coerentemente alla tabella 3.2.IV delle NTC'08, è stato considerato un coefficiente topografico di 1.2, amplificando i valori dello spettro di riferimento., ottenendo un valore di PGA di $0.300 \times 1.2 = 0.360 \text{ g}$

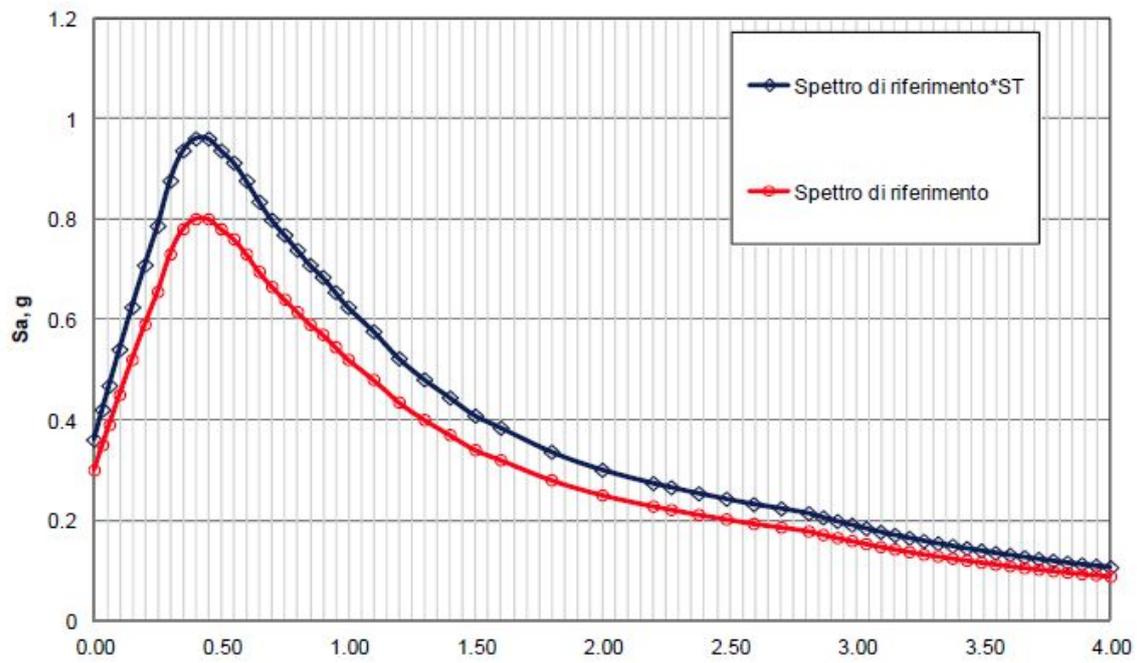


Figura 7: Sviluppo di risposta elastico e confronto con NTC'08 – Coefficiente topografico = 1.2.

2 MOLO FORANEO

Sulla base delle risultanze delle indagini e studi integrativi, sono state eseguite opportune modellazioni geotecniche e strutturali per la struttura del molo foraneo presentata in sede di progetto definitivo adeguato. Le analisi sono state eseguite simulando le nuove profondità del fondale nelle aree antistanti il molo, inserendo i nuovi valori di pressione dell'onda nelle fasi di cresta e di cavo, e lo spettro di risposta ricavato dallo studio di microzonazione sismica per l'area del molo. Le modellazioni evidenziano sollecitazioni non compatibili in corrispondenza dei setti in c.a. e sottostanti pali di fondazione previsti nel progetto definitivo adeguato.

2.1 SOLUZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO ADEGUATO

L'opera strutturale del progetto definitivo adeguato prevede un impalcato a giorno di spessore variabile sostenuto da una fila di pali di diametro 1.5 m (lato mare) e da due file di pali di diametro 1.2 m (lato darsena), di lunghezza variabile tra i 23.5 e i 34 m e disposti ad un interasse longitudinale pari a circa 6 m e trasversale pari a 7.50 m.

I pali lato darsena vengono irrigiditi con setti in c.a. di spessore 70 cm da quota +0.45 m a -10.00/-15.00 m s.l.m.m a seconda della batimetrica del fondale. L'irrigidimento della struttura nel senso parallelo allo sviluppo del molo è realizzato, invece, mediante dei setti in c.a. di spessore pari a 70 cm disposti tra i pali centrali.

2.2 SOLUZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

Per rendere la struttura del molo compatibile con le nuove sollecitazioni, nel rispetto della filosofia progettuale del definitivo adeguato e mantenendo inalterata la paratia di pali frontale e la geometria complessiva dell'opera, i setti trasversali ed i pali di diametro 1.20 m sono stati sostituiti da no.2/3 pali di diametro 1800 mm (no.3 pali per la sezione corrente e no.2 per la zona ristretta), tutti con profondità variabile tra i -23.3 e i -39.3 m s.l.m.m., senza consolidamento in jet-grouting alla base dei pali lato terra, disposti ad un interasse longitudinale pari a circa 6.40 m e trasversale pari a 4.80/4.90 m.

I pali della paratia frontale (diametro 1.50 m) sono collegati con i pali lato darsena (diametro 1.80 m) attraverso una soletta piena in calcestruzzo di spessore pari a 1.00m poggiante su travi di collegamento dei pali di sezione 2500x1500 mm. In corrispondenza del tratto di molo di larghezza 10.3 m, su fondali di -12/-15 m s.l.m.m, la maglia strutturale procede con lo stesso schema, di un palo diametro 1.5 m più due pali diametro 1.8 m collegati tra loro mediante trave sommitale in c.a. di dimensioni 2500x1500mm, riducendo però l'interasse da 6 a 4.5 m.

Come nel progetto definitivo adeguato, il molo è diviso in quattro settori con lunghezze pari a: 69.85 m (Settore A), 69.09 m (Settore B), 75,51 m (settore C), 107,87 (settore D), per una lunghezza totale della struttura pari a 322 m.

Nelle seguenti figure è riportato uno stralcio planimetrico ed una sezione trasversale del molo del progetto definitivo adeguato, del progetto esecutivo e una comparazione con riportato in rosso la configurazione di progetto definitivo adeguato ed in nero quella di progetto esecutivo.

La soluzione di progetto esecutivo consente di eseguire l'opera fondazionale del molo lavorando sempre al di sopra del livello medio mare; infatti tutti i pali saranno realizzati da piattaforma autosollevante (jack-up) previa infissione di tubolare in acciaio avente funzione di cassero - per tutti i pali portanti – e strutturale per tutti i pali portati della paratia, collegati ai pali portanti mediante opportuni gargami metallici. I tubolari in acciaio, una volta infissi, sono in grado di resistere all'azione del moto ondoso di breve periodo, preservando l'incolumità del personale operativo garantendo la stabilità dell'opera anche in condizioni transitorie. Nella soluzione del progetto definitivo adeguato, la realizzazione dei setti di irrigidimento richiedeva invece l'utilizzo di personale subacqueo per la messa in opera dei casseri prefabbricati di contenimento dei getti in opera.

L'impiego di pali di grande diametro, consente un maggior immorsamento dell'opera al terreno di fondazione ed una miglior risposta strutturale dell'opera ai carichi accidentali e sismici. Infatti mentre nel progetto definitivo adeguato l'opera manifestava un comportamento disaccoppiato nelle due direzioni del molo (longitudinale e trasversale), la soluzione adottata rende più simili gli spostamenti dell'opera nelle due direzioni. Tale circostanza consente all'opera di assorbire meglio il carico indotto dagli effetti frequenti del moto ondoso che, dato il particolare ambito in cui si inserisce il progetto, è risultata essere l'azione di maggior interesse per l'intera progettazione strutturale.

Per contrastare il carico verticale indotto sui pali di grande diametro durante un evento sismico o da carico d'onda in condizioni estreme, la lunghezza dei pali è stata dimensionata garantendo il necessario ammorsamento nel terreno di fondazione, evitando l'incertezza del trattamento colonnare al di sotto dei pali posteriori proposto nel progetto definitivo adeguato.

Si riepilogano pertanto i principali benefici della soluzione proposta:

- Riduzione della massa e conseguente diminuzione delle azioni sismiche.
- Miglior risposta strutturale dell'opera ai carichi accidentali e sismici.
- Comportamento più uniforme dell'opera nei confronti dello spostamento, nelle due direzioni (longitudinale e trasversale).
- Partecipazione alla resistenza globale dell'intera struttura sotto i carichi agenti, grazie all'introduzione di particolari giunti che rendono monolitica l'intera struttura.

2.3 SVILUPPO DEL PROGETTO ESECUTIVO

Nell'ambito della naturale ingegnerizzazione del progetto a livello esecutivo, sono state introdotte alcune migliorie strutturali e funzionali al molo che non modificano la filosofia progettuale dell'opera, elencate nei seguenti sottoparagrafi.

2.3.1 Impalcato in c.a. a quota +0.70 m slmm

Il progetto esecutivo prevede l'adozione di un impalcato a giorno composto da travi che uniscono trasversalmente i pali da 1500mm con i pali da 1800mm, e da una soletta in c.a. di spessore costante; le travi hanno dimensioni 2500x1500 mm posizionate a quota +0.70 m slmm mentre la soletta, realizzata previa posa di lastre predalles, ha spessore globale 1 m, posizionato a quota +1.20 m slmm.

Come evidenziato nelle seguenti figure, la soluzione permette di aumentare la distanza che intercorre dall'intradosso dell'impalcato rispetto al livello medio mare con aumento della durabilità dell'opera a lungo termine; nel progetto definitivo adeguato, infatti, le travi erano posizionate a quota +0.45 m slmm mentre il solaio, di spessore variabile 950 mm lato darsena e 1700 mm lato mare, era posizionato a quota +0.45/+1.25 m slmm.

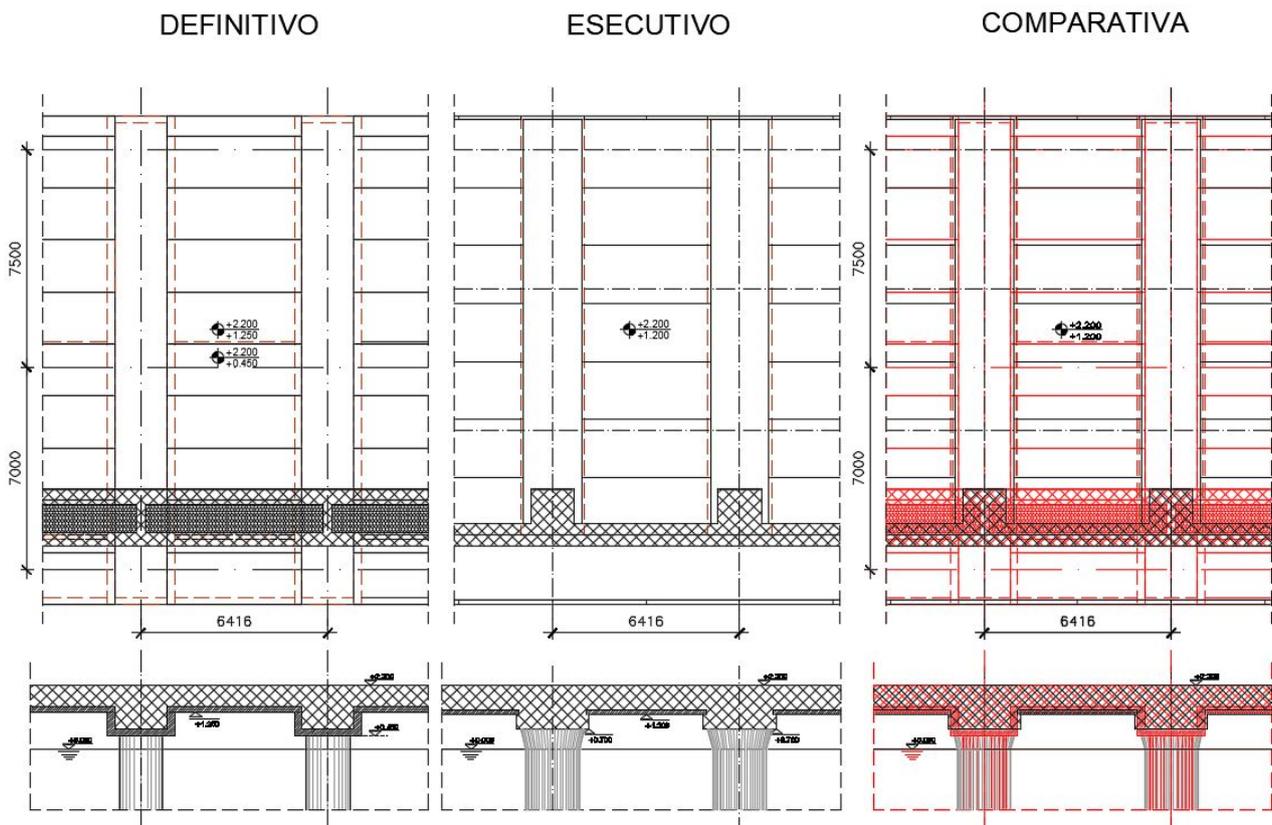


Figura 10: Molo foraneo – impalcato.

2.3.2 Risagomatura Del Muro Paraonde

Per quanto attiene la geometria del muro paraonde, come già evidenziato in sede di progettazione definitiva, si prevede una superficie inclinata sul lato terra e, sul lato mare, una parete verticale sormontata in sommità da un “dente” aggettante, arretrata di 2 m rispetto al paramento esterno del molo. La soluzione risulta migliorativa ai fini del controllo della tracimazione e consente di realizzare un passaggio praticabile alla quota dell’estradosso dell’impalcato percorribile in sicurezza dagli ormeggiatori e lungo il quale verranno disposte le bitte a servizio dell’ormeggio esterno. In sede di progettazione esecutiva la sezione strutturale del muro è stata rivista prevedendo una sezione a tutt’altezza di spessore 80 cm e un ringrosso a contrafforte in corrispondenza di ogni trave di unione della testa dei pali. La risagomatura sostituisce interamente la precedente soluzione a sandwich, consentendo di ridurre ulteriormente il carico del muro sull’impalcato e la massa partecipante dell’opera durante un evento sismico.

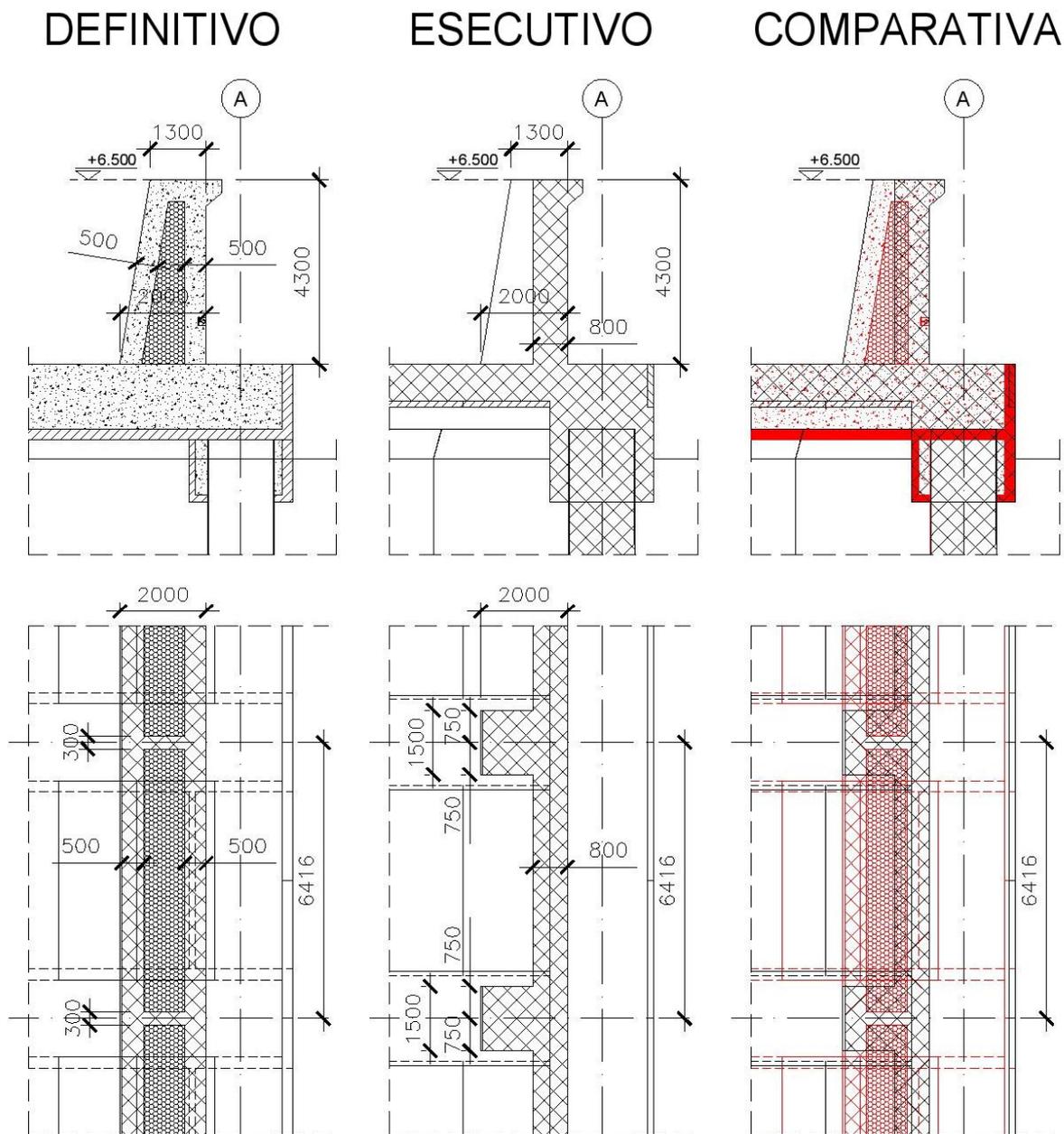


Figura 11: Molo foraneo – muro paraonde.

2.3.3 Giunti strutturali

Particolare attenzione è stata rivolta alla progettazione dei sistemi di giunto fra i vari settori (A-B-C-D) lungo il molo; sono stati inseriti giunti in grado di mitigare gli effetti dovuti alle deformazioni indotte da variazioni termiche dell'opera e, allo stesso tempo, di collegare efficacemente fra loro i settori rendendo il molo un unico corpo monolitico.

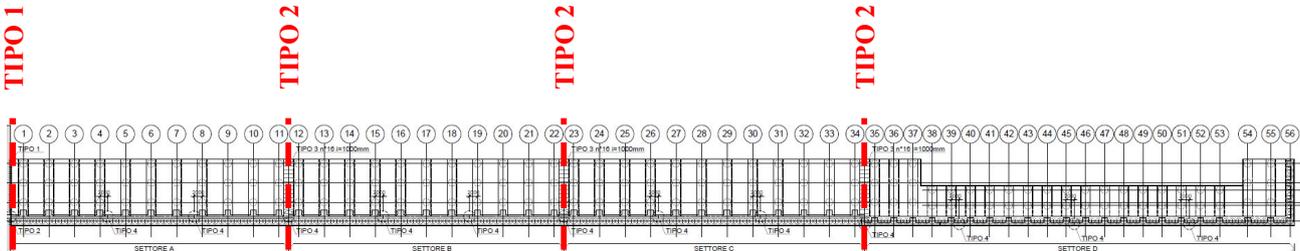


Figura 12: Key-plan giunti.

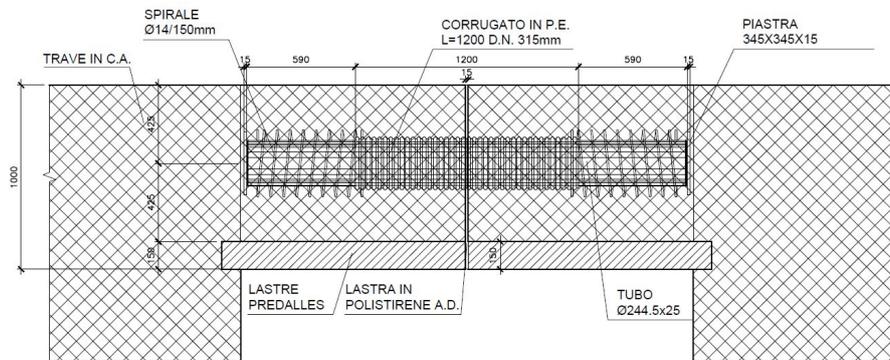


Figura 13: Giunto (tipo 2) fra settori A/B, B/C, C/D.

Inoltre, al fine di scongiurare pericolosi effetti di martellamento fra la radice del molo e la struttura di banchina, è stata adottata una spaziatura di adeguate dimensioni in grado di consentire gli spostamenti del molo senza ripercussioni sulle strutture adiacenti.

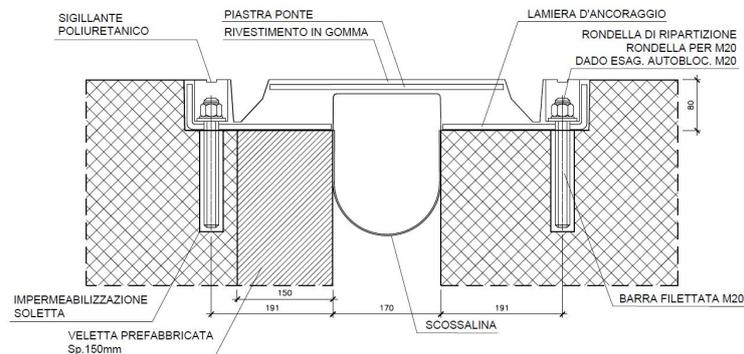


Figura 14: Giunto (tipo 1) di attacco della radice del molo (settore A) con la banchina.

2.3.4 Sistema di protezione dall'erosione

Sulla base di quanto espresso nel paragrafo 1, per garantire la stabilità dei fondali antistanti il molo foraneo nei confronti degli effetti erosivi indotti dalle correnti sottomarine, la soluzione del progetto definitivo adeguato (composta da una regolarizzazione del fondale con massi 300-1000 kg per i settori A-B-C e, per quanto riguarda il settore D, da materassi metallici riempiti di pietrame ancorati ai pali della paratia) è stata migliorata prevedendo 3 differenti sistemi.

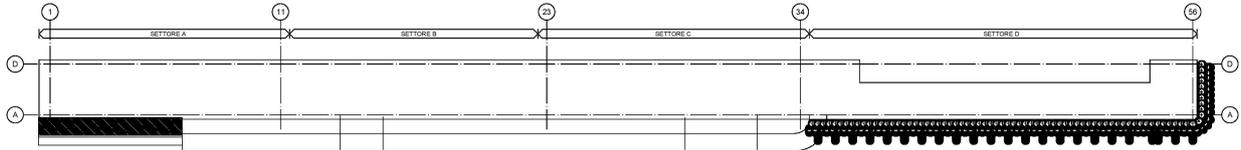


Figura 15: Key-plan sistema di protezione al piede.

- **Settore A (0-40 m):** laddove il fondale si presenta a debole pendenza, vengono utilizzati massi guardiani in calcestruzzo aventi dimensioni 500x400x80 cm, posati direttamente sul fondale previa posa di uno strato di materiale con funzione di fondazione per il masso e di filtro per il terreno sottostante. I massi vengono posati con estradosso a quota -9 m slmm, garantendo i fondali di progetto con profondità minima di -9 m slmm e l'approdo esterno delle imbarcazioni di lunghezza 200-220 m. La seguente figura riporta la sezione tipologica con in verde evidenziato il sistema di protezione.

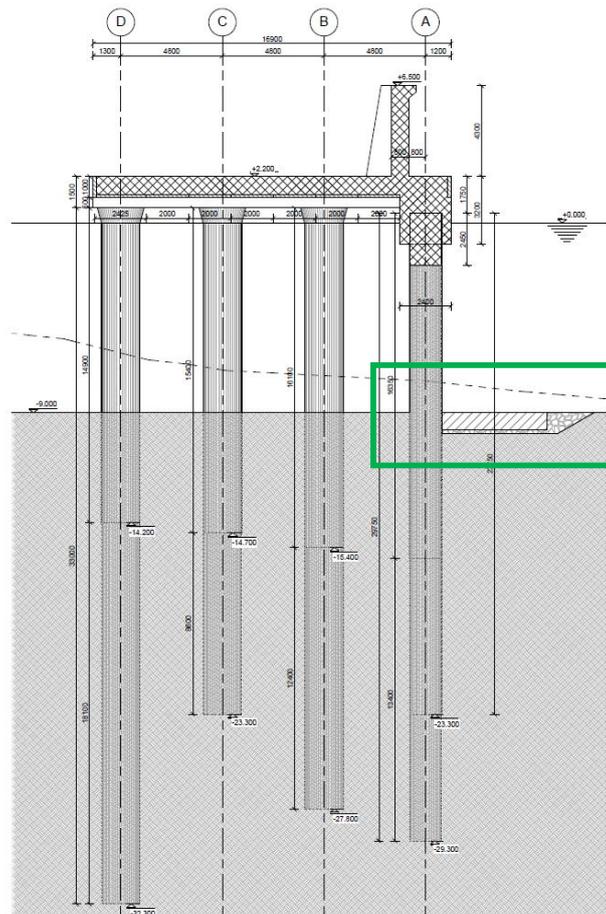


Figura 16: Sezione tipologica – Settore A (0-40m).

- **Settori A(40-69.85m)-B-C:** è prevista la realizzazione di una berma in massi di II^a categoria, di larghezza minima in sommità pari a 4 m e pendenza 2:1, realizzata previo escavo del fondale e posa di un geotessile di separazione. La seguente figura riporta la sezione tipologica con in verde evidenziato il sistema di protezione.

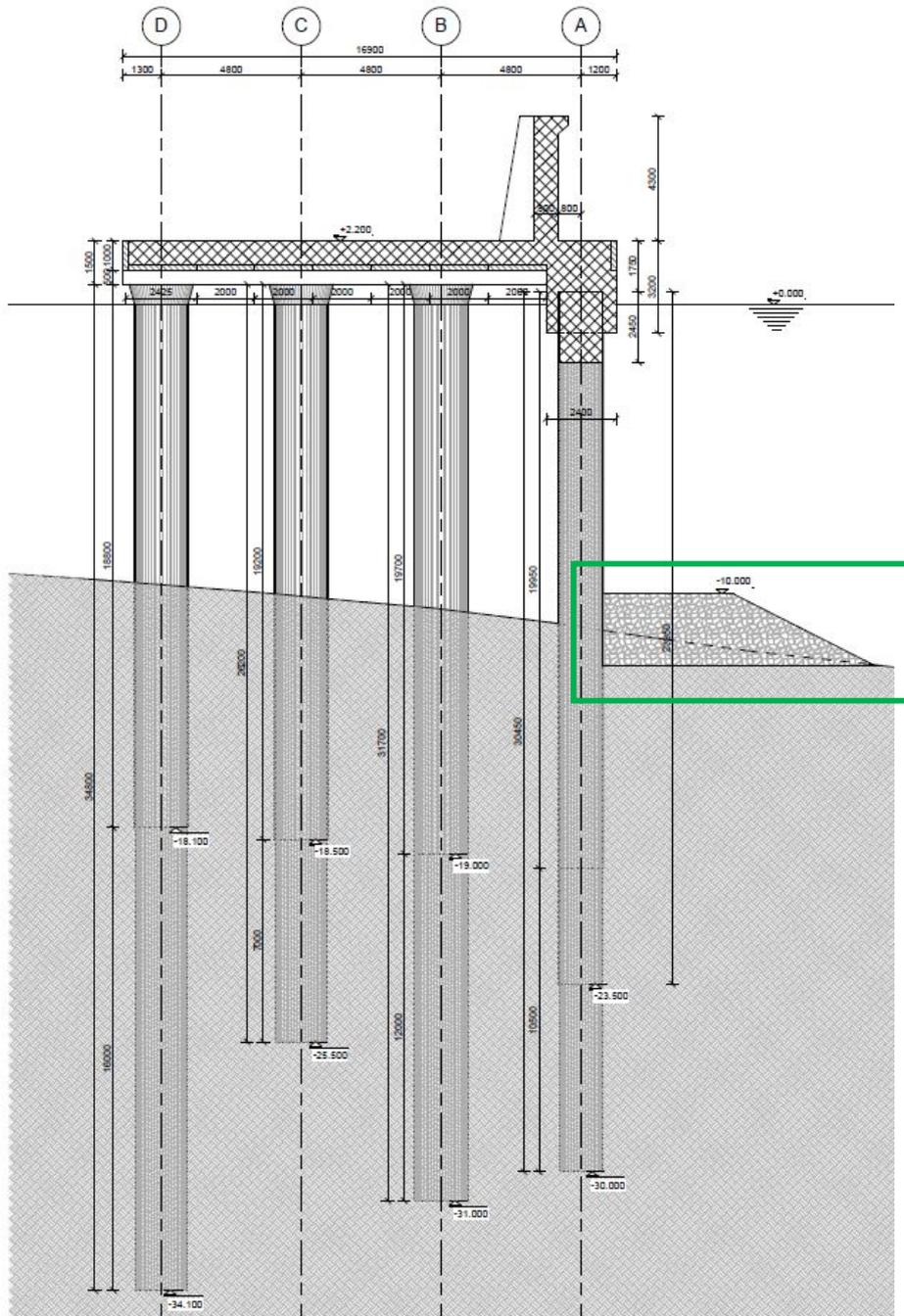


Figura 17: Sezione tipologica – Settori A/B/C.

- **Settore D:** essendo la struttura del molo posizionata su fondali con maggiore pendenza, risulta difficoltosa la realizzazione di scogliere in massi naturali o massi guardiani in cls, in sostituzione dei materassi tipo “reno” proposti in fase di gara. Di conseguenza viene adottata una soluzione migliorativa in grado di consolidare e cementare i terreni del fondale e garantire allo stesso tempo la necessaria protezione dall’erosione contro futuri effetti erosivi già oggi presenti. La soluzione consiste nell’utilizzo del trattamento in jet-grouting con

colonne di lunghezza 10m e diametro 1.6m, eseguite con un'inclinazione variabile da 2° a 12° rispetto alla verticale. Il consolidamento viene realizzato per tutto lo sviluppo del settore D ed in corrispondenza della testata. La seguente figura riporta la sezione tipologica con in verde evidenziato il sistema di protezione.

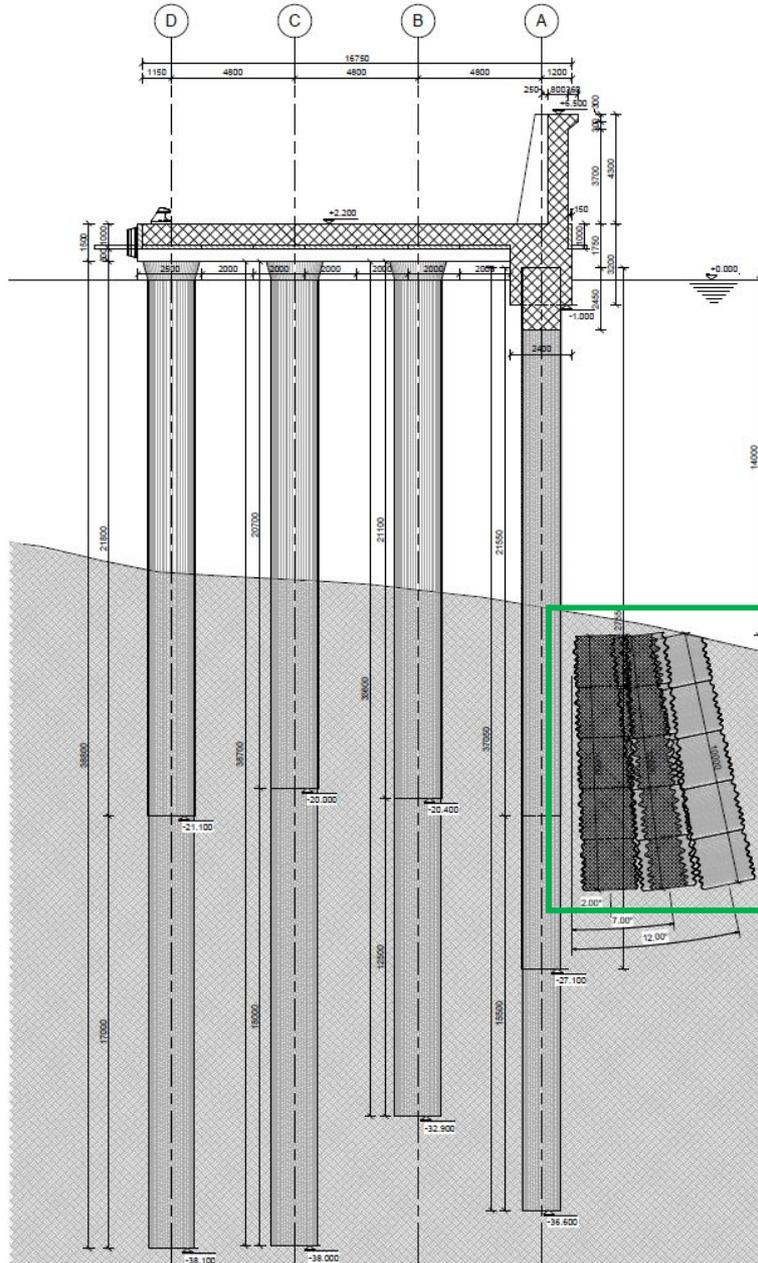


Figura 18: Sezione tipologica – Settore D.

- **Darsena interna:** per quanto attiene la protezione al di sotto dell'impalcato del molo, l'utilizzo di pali di diametro 1800 mm in luogo dei setti trasversali e longitudinali, consente una maggior trasparenza dell'opera al di sotto del livello medio mare fino al fondale di progetto (-9 m slmm) specialmente nelle aree in cui si manifesta maggiormente l'effetto erosivo delle eliche delle navi in fase di ormeggio e disormeggio. Tale circostanza consente di limitare la protezione del fondale lato darsena ai primi 10 m a partire dalla radice.

2.3.5 Parabordi di accosto

Tenuto conto della geometria dell'impalcato con travi in c.a. delle dimensioni di 2500x1500 mm in corrispondenza dei pali portanti, è stata aggiornata la geometria dei parabordi d'accosto in funzione dell'altezza del fronte banchina su cui collegare i parabordi; nello specifico si prevedono parabordi tipo MV1250P di lunghezza 1200 mm in luogo dei parabordi tipo MV1000P di lunghezza 1500 mm.

I parabordi vengono installati direttamente sul paramento verticale dell'impalcato del molo, previa installazione dei tirafondi di ancoraggio opportunamente inghisati all'interno della struttura d'impalcato.

I parabordi tipo MV1250P di lunghezza 1200 mm garantiscono e addirittura migliorano le performance durante l'accosto delle imbarcazioni di lunghezza 200-220 m; la seguente tabella riporta le caratteristiche del parabordo in termini di Energia Assorbita e Resistenza.

Parabordo	Progetto	Lunghezza (m)	Energia assorbita (kNm)	Reazione (kN)
MV1000P	Definitivo	1.5	702	1524
MV1250P	Esecutivo	1.2	876	1524

DEFINITIVO

ESECUTIVO

COMPARATIVA

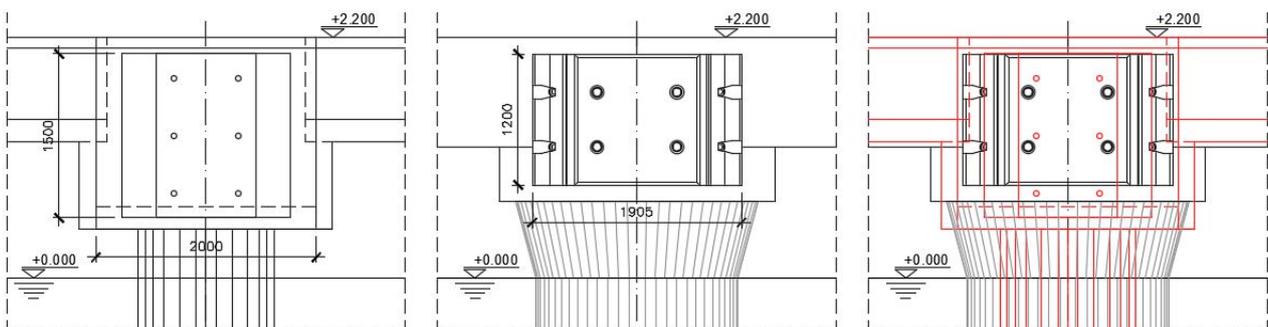


Figura 19: Molo foraneo – parabordo di accosto.

3 BANCHINA, SPERONE, SCOGLIERA SUD

Nell'ambito dell'ingegnerizzazione del progetto esecutivo sono state apportate le seguenti modifiche anche alle strutture di banchina e dello sperone:

- *Banchine*: in sostituzione dei pali trivellati diametro 800 mm, lunghezza 11m ed interasse 5 m del progetto definitivo adeguato si prevedono pali in c.a. con tecnologia ad elica continua, diametro 800 mm, lunghezza 15 m e interasse 2.5 m.
- *Sperone*: in sostituzione della soletta in c.a. di spessore 400 mm si prevede l'ancoraggio della paratia esterna mediante l'utilizzo di tiranti a barra mutuamente connessi alla testa dei pali in acciaio. Tale soluzione permette di realizzare la struttura portante dello sperone lavorando sempre al di sopra del livello medio mare, realizzando dapprima la perimetrazione della paratia con i tubolari in acciaio, la formazione di un rilevato centrale in materiale incoerente con avanzamento da terra verso mare, la posa di tiranti a barra collegati ai tubolari mediante travi di ripartizione tipo HE, successivo completamento del riempimento dello sperone con materiale incoerente.
- *Sperone*: tenuto conto dell'elevata pendenza del fondale antistante il lato est dello sperone, in sostituzione di un ricoprimento in massi naturali con pietrame 50-200 kg, viene adottata una soluzione in grado di proteggere il fondale dall'erosione delle correnti marine mediante un consolidamento in jet-grouting per una fascia minima di 5m dal filo banchina e per una lunghezza tale da raggiungere la profondità di -22 m slmm.

Questa modifica è correlata alla recente erosione della linea di costa in corrispondenza dello sperone, ben evidenziata nella Figura 1.

- *Scogliera zona sud*: l'approfondimento dei fondali e il conseguente arretramento della linea di costa in corrispondenza dell'opera (vedere Figura 1), comportano la necessità di maggiori volumi del materiale del nucleo di scogliera.

3.1 BANCHINA - PALI DI FONDAZIONE

La struttura delle banchine di riva del progetto definitivo adeguato, consiste nella formazione di una cella monolitica in c.a. ancorata alla paratia di diaframmi lato mare e a pali di fondazione lato terra. I pali assolvono la funzione di fondazione profonda collegati alla cella monolitica mediante un vincolo a cerniera.

In sede di progettazione esecutiva, sulla base di simulazioni numeriche agli elementi finiti eseguite mediante software Plaxis sulla base dei carichi di progetto, è stata aggiornata la geometria e la disposizione planimetrica dei pali. La nuova configurazione prevede:

- Pali realizzati con tecnologia ad elica continua senza impiego di fanghi bentonitici, di diametro 800 mm.
- Lunghezza 15 m con sommità a quota -2.50 m slmm.
- Interasse 2500 mm.

Le seguenti figure riportano la sezione tipologica e lo stralcio planimetrico della struttura di banchina, con in rosso evidenziati i pali di fondazione del progetto definitivo adeguato.

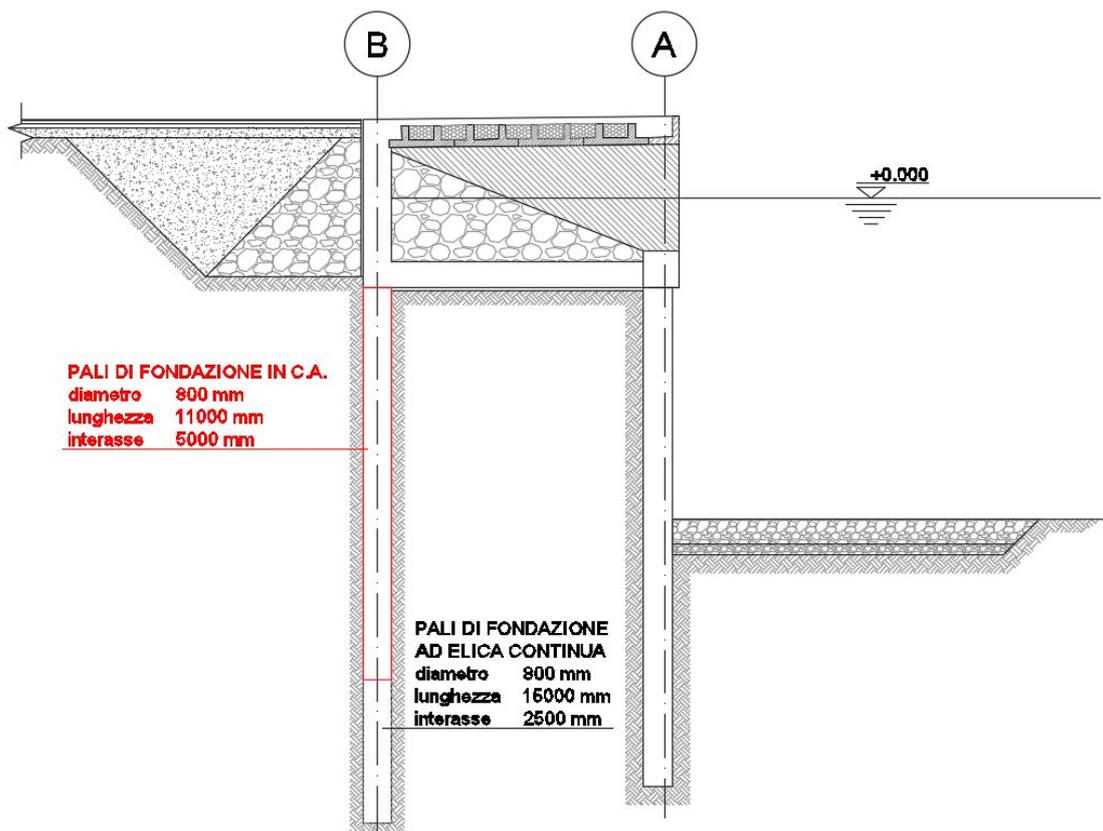


Figura 20: Banchina di riva – sezione tipologica.

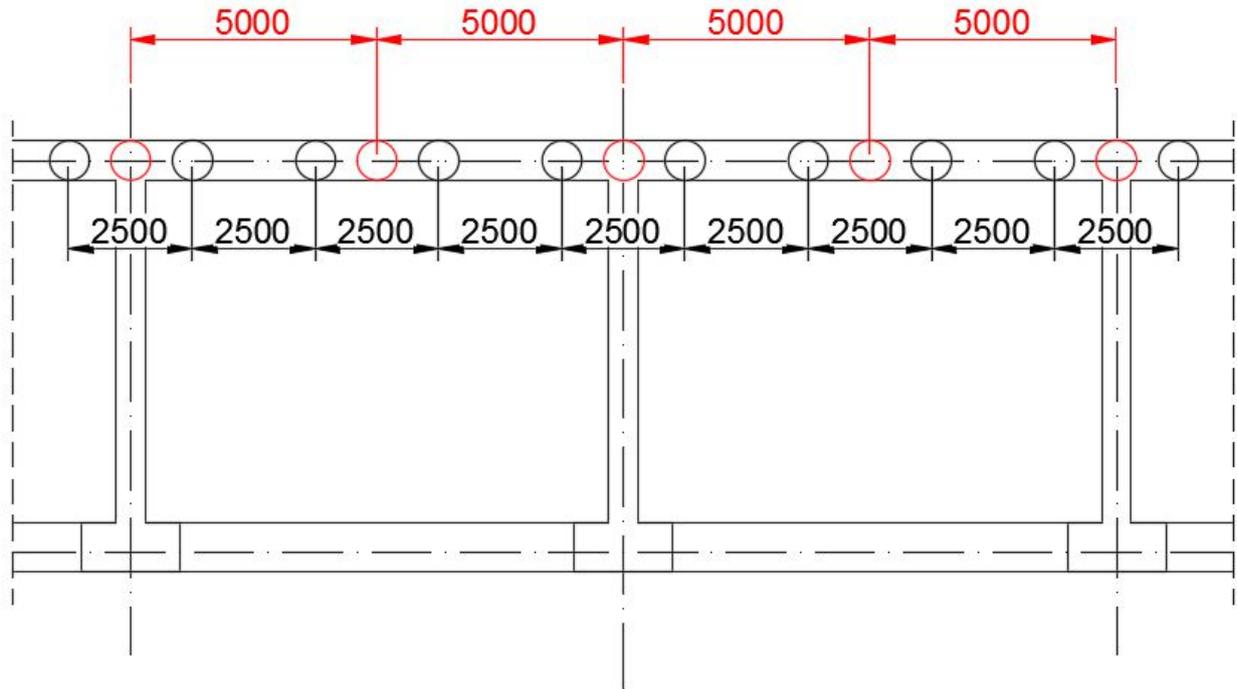


Figura 21: Banchina di riva – stralcio planimetrico delle fondazioni.

3.2 SPERONE – STRUTTURA DI ANCORAGGIO DEI PALI

Dato il particolare contesto e la profondità batimetriche in cui si inserisce l'opera, da quota -5 a -12 mslmm, la struttura dello sperone sarà eseguita secondo le seguenti fasi:

- Infissione paratia perimetrale consistente in tubolari d'acciaio di diametro 1219.2 mm, spessore 10/12.5 mm e lunghezza 19/20 m;
- posa geotessile non tessuto lungo il fronte interno della paratia;
- realizzazione rilevato centrale in materiale incoerente con avanzamento da terra verso mare, avente sommità a quota +0.5 m slmm e scarpate di pendenza 3/2;
- infissione palancolato metallico AZ per il ritegno della paratia alla radice del molo e della paratia di testata lato est;
- posa tiranti a barra tipo dywidag collegati ai tubolari mediante travi di ripartizione tipo HEA;
- completamento del riempimento a tergo della paratia perimetrale in materiale incoerente, fino a quota di sottopavimentazione;
- realizzazione delle travi di coronamento in c.a. previa posa di velette prefabbricate;
- realizzazione del sistema di protezione al piede dell'opera lungo i lati nord ed est mediante trattamento colonnare in jet-grouting per una larghezza minima di 5 e profondità fino a -18/-22 m slmm a seconda del tratto interessato;
- realizzazione del muro di coronamento in c.a. e della rampa di approdo;
- completamento della finitura superficiale mediante pavimentazione flessibile in conglomerato bituminoso;
- posa arredi ed impianti.

Tale soluzione costruttiva permette non prevede la soletta in c.a. di spessore 40cm proposta nel progetto definitivo adeguato (evidenziata in rosso nella seguente figura), poiché l'introduzione dei tiranti a quota +0.5 m slmm rende nullo il contributo della soletta alla resistenza dell'opera.

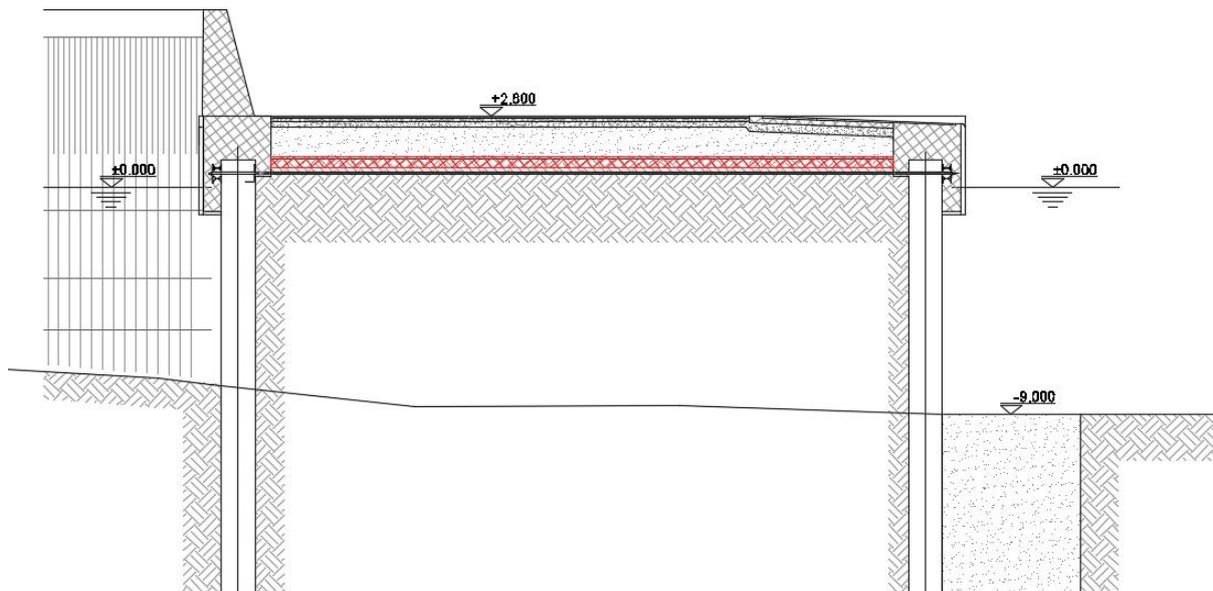


Figura 22: Sperone – sezione tipologica.

3.3 SPERONE – SISTEMA DI PROTEZIONE DALL'EROSIONE

In analogia al sistema di protezione dall'erosione adottato per i fondali del molo (settore D), si prevede di consolidare i fondali perimetrali allo sperone lungo i lati est e nord mediante trattamento in jet-grouting con colonne di opportuno diametro in grado di realizzare una fascia perimetrale di larghezza minima 5 m a partire dal filo banchina. Le colonne in jet-grouting saranno realizzate a partire dal fondale esistente fino alla profondità di -22 m slmm lungo il lato est e di -18 m slmm lungo il lato nord. Le seguenti figure riportano la sezione tipologica Nord/Sud ed Est/Ovest dello sperone, con evidenziata in rosso la zona oggetto di consolidamento con jet-grouting.

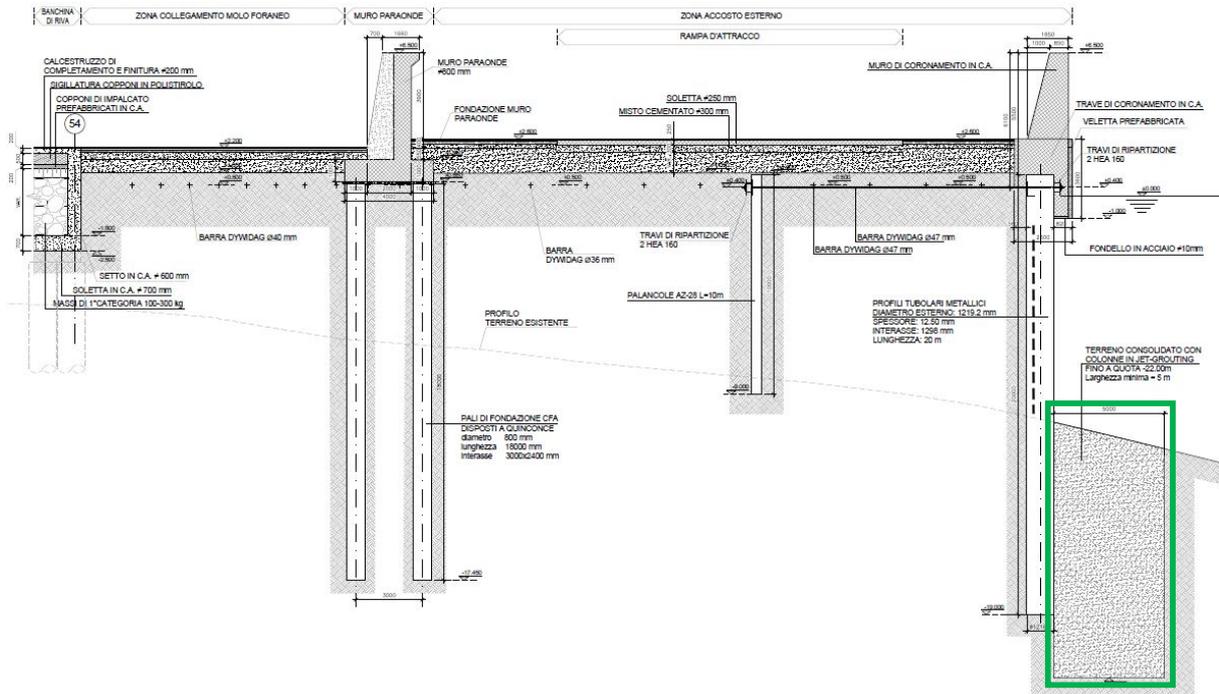


Figura 23: Sperone – sezione direzione E/O.

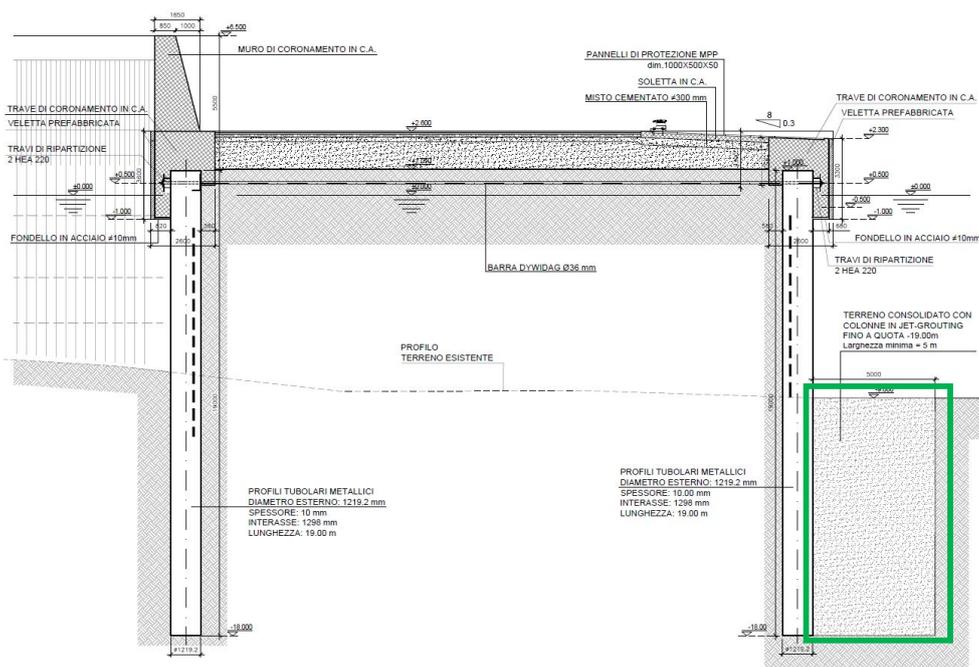


Figura 24: Sperone – sezione direzione N/S.

Il consolidamento dei terreni di fondale con jet-grouting permette sia la protezione dall'erosione che l'incremento dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale dell'opera nei confronti delle azioni statiche e sismiche.

4 INTERVENTI DI VIBROFLOTTAZIONE

Tenuto conto dei parametri di Magnitudo ($M = 6$) e *Peak Ground Acceleration* ($PGA = 0.3g$ m/sq) derivanti dallo studio di microzonazione sismica, è stata aggiornata la verifica di liquefazione dei terreni di fondazione interessati le opere di progetto (banchine, scogliere, molo, piazzali e viabilità). L'analisi ha permesso di definire con maggiore accuratezza l'estensione e le profondità dei terreni potenzialmente suscettibili alla liquefazione in caso di evento sismico. Di conseguenza sono state ridefinite le zone da assoggettare a trattamento di vibroflottazione che, come già espresso nei precedenti livelli di progettazione, è mirato ad incrementare la densità relativa dei terreni aumentandone la resistenza alla liquefazione.

Tali zone sono evidenziate nella figura seguente ove, per ogni area, vengono indicate le profondità d'intervento; in rosso vengono riportate le zone afferenti il progetto definitivo adeguato.



Figura 25: Planimetria interventi di vibroflottazione.

5 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI

Nella progettazione esecutiva si sono introdotti gli elementi migliorativi prescritti dalla Regione Sicilia, Dipartimento regionale tecnico, Servizio ufficio del Genio Civile di Messina nel Nulla Osta Idraulico trasmesso con Prot. In uscita n. 0154571 del 9.8.2016.

Si riportano nel seguito le prescrizioni date e la risposta progettuale introdotta nell'esecutivo:

Prescrizione	Risposta
In fase di progettazione esecutiva venga valutata la possibilità di evitare il più possibile il restringimento della sezione idraulica del torrente Farota in corrispondenza dell'attraversamento della SS 114 nel tratto d'intercettazione della rete fognaria cittadina.	Sono stati massimizzate le sezioni idrauliche in relazione ai vincoli esistenti
In fase di progettazione esecutiva si dovrà prevedere che lo sfioro esistente a monte del casello autostradale A20 ME-CT nel torrente Canneto, in caso di saturazione della vasca di sedimentazione in progetto, garantisce che il materiale detritico in esubero venga a depositarsi lungo il canale in c.a. a cielo aperto di collegamento dei torrenti Canneto-Farota, evitando che lo stesso possa intercettare i caselli autostradali o la sottostante SS 114	Si è inserita una griglia ferma detriti allo sfioro verso il casello autostradale. In caso di ostruzione della stessa il materiale trasportato verrà quindi a depositarsi lungo il canale di collegamento con il Farota.
In merito alla problematica connessa alla previsione progettuale relativa allo sbocco dei torrenti all'interno della luce portuale, a parete dello scrivente, siffatta soluzione tecnica può provocare l'insabbiamento dei canali medesimi in caso di eventi marini avversi, con conseguente restringimento della sezione idraulica e serio pericolo per la piattaforma logistica con grave nocumento per la pubblica e privata incolumità	La problematica dell'eventuale ostruzione alla foce del torrente Farota è stata valutata; l'insabbiamento deve essere evitato mediante periodiche pulizie della trappola Sud, all'occorrenza ed in particolare dopo le mareggiate. Si è inserita tale prescrizione nel Piano di Manutenzione. Inoltre il canale scatolare al di sotto della piattaforma è stato dotato di ampi chiusini (1,5x1,5m) per l'ispezione e la straordinaria manutenzione con espurgo. Per quanto riguarda lo sbocco a mare del Palumara, per evitare insabbiamenti si è provveduto al sollevamento della quota di sbocco delle tubazioni da - 5.60 alla quota di - 2.0 m slmm.

Infine, nella progettazione esecutiva del canale di Collegamento Canneto-Farota, si è seguita l'indicazione fornita al Consorzio per le Autostrade Siciliane, con nota del marzo 2016, di provvedere alla copertura del canale con pannelli grigliati in acciaio zincato tipo calpestabili.

6 IMPIANTO ILLUMINOTECNICO

L'illuminazione dell'intera area nel progetto definitivo era realizzata utilizzando corpi illuminanti del seguente tipo:

- **Strada di accesso al porto:** si prevede di illuminare le corsie con corpi illuminanti di tipo stradale Philips con lampade a scarica al sodio ad alta pressione da 150 W fissati su testapalo a doppio sbraccio ad un'altezza di 8 m.
- **Strade di distribuzione ai parcheggi:** si prevede di illuminare le strade interne all'area logistica con corpi illuminanti di tipo stradale Philips con lampade a scarica al sodio ad alta pressione da 150 W lm fissati su testa palo ad un'altezza di 8 m.
- **Zona accesso da e per la strada di collegamento:** si prevede la posa in opera di torri-faro a corona mobile h=16 m., ciascuna attrezzata con n. 3 proiettori a vapori di ioduri metallici da 2000 W.
- **Piazzali parcheggi:** si prevede la posa in opera di torri-faro a corona mobile h=30 m, attrezzate con n. 10 o 12 proiettori a vapori di ioduri metallici da 2000 W.
- **Banchine:** le banchine che non sono interessate da traffico motorizzato saranno illuminate con corpi illuminanti stagni da incasso su muratura per lampade fluorescenti da 36 W.

Tenuto conto del progresso tecnologico e del sempre maggiore utilizzo di tecnologia LED nel campo dell'illuminazione anche di grandi aree, solamente nell'ultimo anno le grandi case costruttrici hanno proposto sul mercato proiettori con tecnologia LED di grande potenza, nella condizione di mantenere i livelli di illuminamento già definiti con il progetto definitivo, nella stesura del progetto esecutivo si è optato di sostituire i corpi illuminanti previsti con:

- **Strada di accesso al porto:** si prevede di illuminare le corsie con corpi illuminanti di tipo stradale Philips BGP214 T25 con lampade a LED da 83 W – 8400 lm fissati su testapalo a doppio sbraccio ad un'altezza di 8 m.
- **Strade di distribuzione ai parcheggi:** si prevede di illuminare le strade interne all'area logistica con corpi illuminanti di tipo stradale Philips BGP214 T25 con lampade a LED da 66 W – 6900 lm fissati su testa palo ad un'altezza di 8 m.
- **Zona accesso da e per la strada di collegamento:** si prevede la posa in opera di torri-faro a corona mobile h=16 m., ciascuna attrezzata con n. 3 proiettori a LED modello Philips BVP651 – 31K da 252 W – 31000 lm.
- **Piazzali parcheggi:** si prevede la posa in opera di torri-faro a corona mobile h=30 m, attrezzate con n. 10 o 12 proiettori a LED modello Siteco Floodlight 20 Maxi da 900 W – 91000 lm.
- **Banchine:** le banchine che non sono interessate da traffico motorizzato saranno illuminate con corpi illuminanti stagni da incasso su muratura per lampade a LED tipo Bega 33286K4 da 13 W – 500 lm.

Tale sostituzione porta ad una riduzione di circa il 40% sui consumi di energia elettrica e vista la vita media dichiarata e garantita dalle case costruttrici i costi di manutenzione dei corpi illuminanti diminuiscono di 2/3.