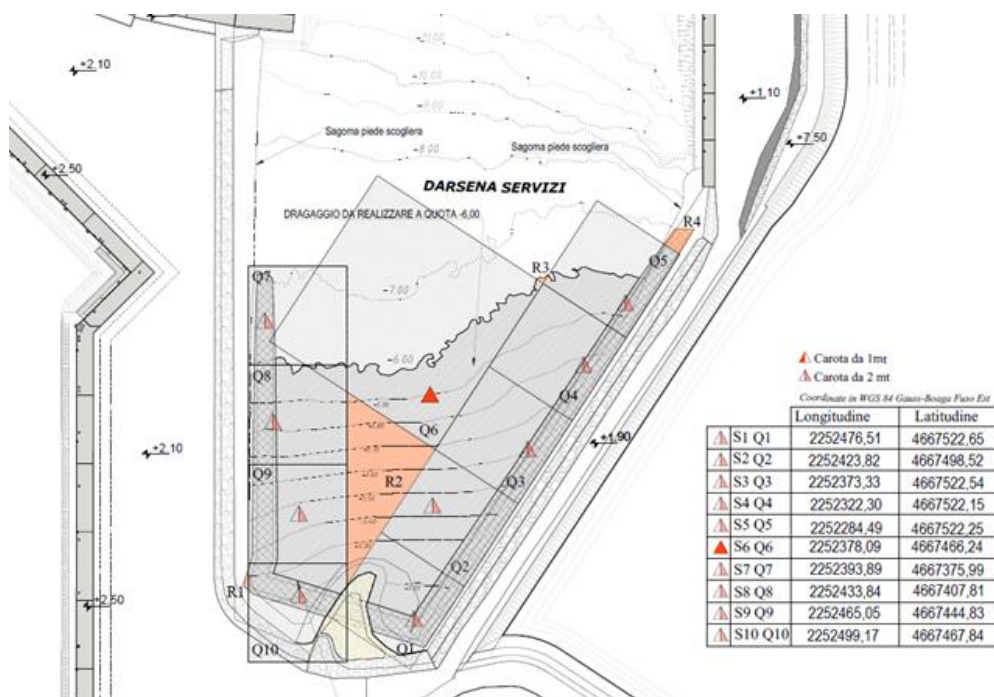




Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Centro Setentrionale

PORTI DI ROMA E DEL LAZIO · CIVITAVECCHIA · FIUMICINO · GAETA

PORTO DI CIVITAVECCHIA, PRIMO LOTTO FUNZIONALE OPERE STRATEGICHE (II stralcio) DRAGAGGIO E BANCHINAMENTO DARSENA SERVIZI



RELAZIONE GENERALE DESCRITTIVA

Sommario

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. INSERIMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO | 5 |
| 3. DESCRIZIONE DELL'OPERA | 8 |
| 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI PREGRESSE..... | 12 |
| 5. ARTICOLAZIONE DELLE FASI REALIZZATIVE | 14 |
| 5.1 Attività di dragaggio | 15 |
| 6. DETTAGLI STRUTTURALI DELLA VASCA DI COLMATA..... | 18 |
| 7. IL TRAFFICO NAVALE..... | 21 |
| 8. MONITORAGGIO MATRICI AMBIENTALI | 23 |

1. PREMESSA

L'intervento oggetto della presente Relazione Tecnica riguarda i lavori di completamento della infrastrutturazione marittima della Darsena Servizi (D.S.) che rientra tra quelli pianificati e progettati del I Lotto funzionale delle Opere Strategiche.

L'intervento in argomento si colloca tra quelle opere, previste nell'ambito del vigente PRP (2004), volte alla differenziazione dei traffici ed alla razionalizzazione ed alla omogeneizzazione settoriale delle destinazioni funzionali degli accosti e delle aree.

La differenziazione permetterà la netta separazione dell'ambito portuale nei due principali sub-ambiti caratterizzanti:

- 1) Subambito Porto Storico, area d'interazione porto città.
- 2) Subambito Porto Operativo, destinato al traffico dei passeggeri e delle merci.

La nuova disposizione permetterà di delocalizzare tutte le attività connesse ai servizi tecnico nautici (Rimorchiatori, ormeggiatori, piloti, imbarcazioni di servizio per le attività di bunkeraggio etc.), alla sicurezza (Capitaneria di Porto, Guardia di Finanza, Carabinieri, Polizia di Stato e Vigili del Fuoco etc.) nonché l'attuale flotta peschereccia, dalle attuali postazioni in un ambito all'uopo dedicato e più funzionale sia per dimensione degli spazi sia per la posizione strategica all'interno del futuro layout portuale.

Il trasferimento all'interno della D.S. di tutte le attività di supporto al traffico navale contribuirà in modo sostanziale al processo di razionalizzazione e di omogeneizzazione delle destinazioni d'utilizzo delle diverse zone del porto, permettendo di allontanare dal centro cittadino ed in particolare dalla Darsena Romana tutte le attività di tipo operativo e di completare ulteriormente la trasformazione del Porto Storico in luogo di grande valenza turistica e culturale.

Inoltre, tale nuova disposizione, rispetto all'attuale situazione che vede i mezzi nautici di servizio collocati nella zona più lontana dall'imboccatura, minimizzando i tempi di ingresso/uscita, viene incontro all'esigenza di migliorare l'efficienza dei servizi nautici offerti dal porto in modo tale da poter disporre di un servizio ottimale.

Come accennato l'intervento in argomento riguarda esclusivamente il completamento della infrastrutturazione marittima della nuova Darsena Servizi. Il completamento dei banchinamenti interni della D.S. sarà realizzato essenzialmente da cassoni pluricellulari in calcestruzzo armato con sovrastruttura di copertura anch'essa in c.a., basati, ad una profondità variabile, compresa tra i 6,0m e gli 8,0m, su di uno scanno di basamento in pietrame idoneamente sagomato, disposto, in funzione delle condizioni al contorno, sul sedime esistente od oggetto di preventivo dragaggio.

Si ritiene opportuno evidenziare che il presente progetto è la rivisitazione, originata da necessità tecniche ed esigenziali del più ampio progetto delle “*Opere Strategiche I° Lotto funzionale per il Porto di Civitavecchia, prolungamento antemurale C.Colombo, darsena servizi e darsena traghetti*” già oggetto di validazione, nella sua interezza, da parte della società Italsocotec S.p.a., per come determinato con verbale di validazione del progetto esecutivo del 05.12.2011.

La project review si è resa necessaria al fine di adeguare il progetto alle mutate condizioni (tecniche, normative, esigenziali etc.) delle condizioni al contorno quali:

- Variate normative di settore D.M. 17.01.2018 “aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”, D.lgs. 50.2016 “codice dei contratti pubblici”.
- Aggiornamento dei prezzi rispetto al progetto complessivo originario andato in gara “Opere Strategiche I° Lotto funzionale per il Porto di Civitavecchia”, i quali, trascorsi più di otto anni non erano più attuali e pertanto replicabili.
- Ottimizzazione delle geometrie inerenti le verticali di banchina finalizzate a migliorare le condizioni di fruibilità dell’opera. Infatti, le quote dei piazzali immediatamente retrostanti le banchine sono state portate a + 1,5m l.m.m. dai precedenti + 2,5 m, riducendo conseguentemente di 1,0 m l’altezza del fusto dei cassoni e, pertanto, le relative azioni e sollecitazioni di calcolo.
- Ottimizzazione delle geometrie inerenti le strutture dei cassoni finalizzate a migliorare le condizioni di durabilità e di esecuzione dell’intervento.

Inoltre, va evidenziato come il presente progetto sia focalizzato esclusivamente sui lavori di completamento della infrastruttura marittima della Darsena Servizi, stralciando alcune lavorazioni originariamente ricomprese all’interno del quadro (economico) complessivo dei lavori di completamento del I Lotto Opere Strategiche.

In particolare, le modifiche geometriche strutturali hanno riguardato sostanzialmente la riprogettazione di alcune geometrie relative alle sezioni resistenti, infatti, nel vecchio progetto esecutivo gli spessori di calcestruzzo a protezione delle armature, per alcune componenti strutturali, erano di soli 2cm, quindi, tali da non risultare conformi gli spessori minimi previsti nella circolare n° 617 del 02/2009 per la specifica tipologia di condizioni al contorno di riferimento “*ambiente molto aggressivo*”. Logicamente, le variazioni di spessore e di altezza dei cassoni e delle altre componenti strutturali hanno determinato, nelle diverse fasi costruttive e di esercizio, consequenziali variazioni dei carichi da peso proprio, delle corrispondenti sollecitazioni indotte dall’acqua in fase di galleggiamento, dal terrapieno in fase di esercizio, durante le diverse fasi costruttive etc.

2. INSERIMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO

La Darsena Servizi, conformemente al PRP attualmente vigente (versione 2004), è ubicata nella parte Settentrionale del Porto Commerciale (Figura 2.1) tra la Darsena Traghetti a Sud e la Darsena Energetico Grandi Masse (D.E.G.M.) a Nord che non è stata ancora realizzata.

La Darsena Servizi, conformemente al PRP attualmente vigente (versione 2004), è ubicata nella parte Settentrionale del Porto Commerciale (Figura 2.1) tra la Darsena Traghetti a Sud e la Darsena Energetico Grandi Masse (D.E.G.M.) a Nord che non è stata ancora realizzata.

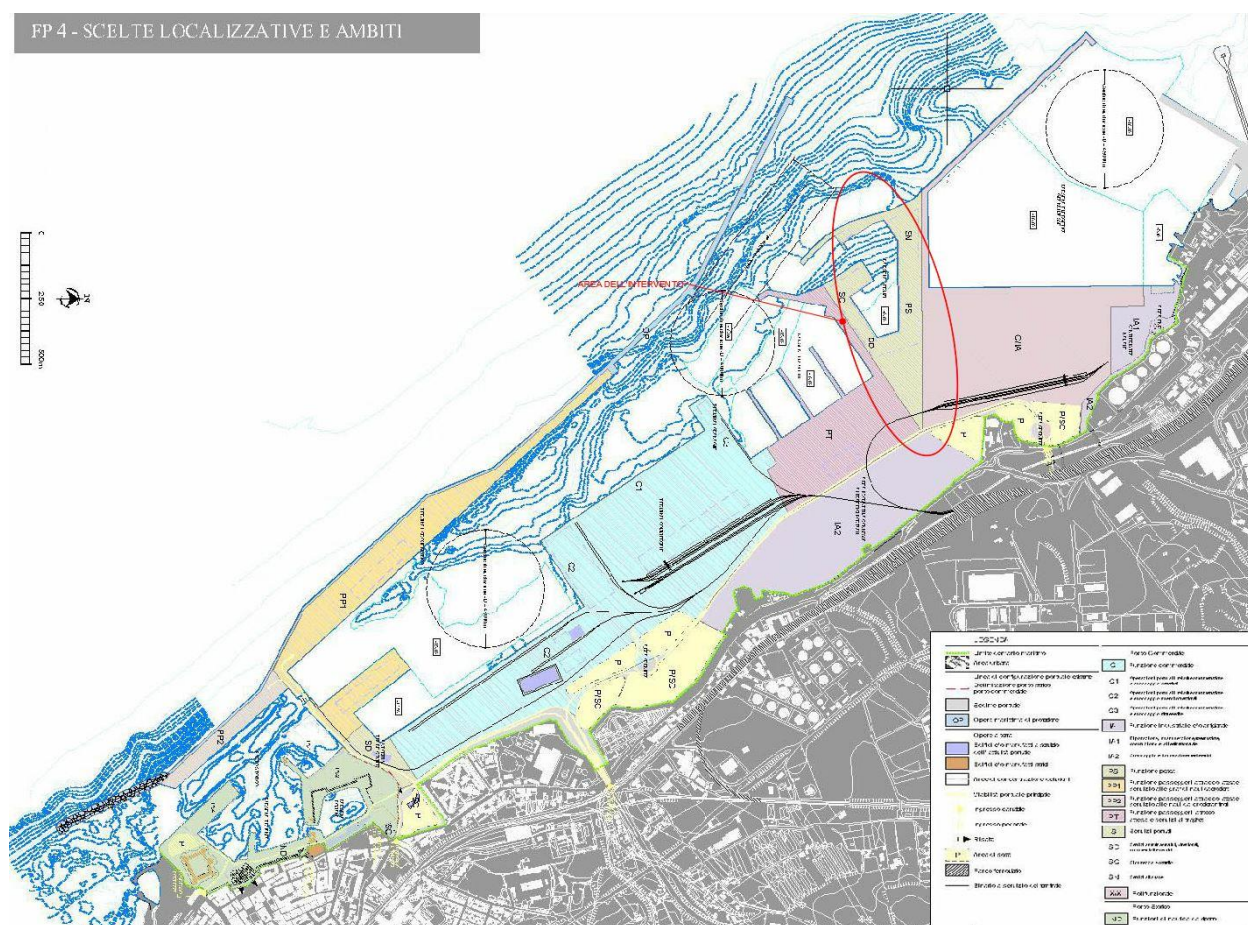


Fig 2.1 PRP vigente Tavola rappresentativa delle Zonizzazioni Funzionali



Fig. 2.2 Aerofoto del Porto di Civitavecchia (Anno 2015)

In base agli obiettivi ed alla Componente Funzionale Caratterizzante (Norme Tecniche Attuative del vigente P.R.P.) la D.S. è destinata ad ospitare, come anticipato, le autorità di pubblica sicurezza (VVF, Guardia di Finanza, Carabinieri, Guardia Costiera, Polizia di Stato), i servizi portuali (ormeggiatori, e battellieri, rimorchiatori, piloti bettoline con funzioni di bunkeraggio e mezzi per la salvaguardia ambientale) e la flotta peschereccia locale.

La configurazione attualmente vigente della Darsena Servizi deriva dalla sovrapposizione dei due documenti tecnici qui di seguito indicati:

- P.R.P. 2004 approvato, in data 23 marzo 2012, con delibera n. 121 dalla Giunta Regionale del Lazio, ai sensi dell'articolo 5 comma 4 della legge 84/94;
- Layout della Darsena Traghetti aggiornato a seguito dell'approvazione della perizia di variante relativa ai lavori di Legge Obiettivo “Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia. I Lotto Funzionale: Prolungamento Antemurale C. Colombo, Darsena Servizi e Darsena Traghetti” approvata con decreto n°219 del 22/05/2013 dal soggetto aggiudicatore ai sensi del comma 4, art. 169, del D.lgs. 163/2006 e s.m. e i., integrata a seguito delle successive positive valutazioni del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (DVA/DEC-2015-0000216 del 26/06/2015) e del Ministero delle Infrastrutture (nota prot. 5963 del 16.05.2017).

Allo stato attuale (Fig.2.2) il sedime in corrispondenza dell'area d'intervento è in parte occupato da un'opera a gettata composta da massi artificiali tipo antifer e da scogli naturali, per la gran parte classificabili come II categoria, che dovranno essere propedeuticamente rimossi mediante salpamento secondo le sagome ed i profili indicati in progetto.

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il progetto, come accennato in premessa, riguarda sostanzialmente le opere di infrastrutturazione marittima interne alla Darsena Servizi, rimandando ad una successiva fase attuativa l'intervento di urbanizzazione delle aree retrostanti.

Come accennato, si possono considerare praticamente conclusi nel precedente appalto le seguenti lavorazioni:

- a) tutta la porzione di infrastruttura a cassoni (sopraflutto e sottoflutto) posta a difesa dalla propagazione del moto ondoso proveniente dal largo dal quadrante ovest.
- b) la diga a gettata posta al confine con la D.E.G.M., a protezione del moto ondoso proveniente dal quadrante Nord, non risultando quest'ultima ancora realizzata.

Le opere di banchinamento interno alla Darsena Servizi (oggetto del presente lavoro), sono costituite esclusivamente da cassoni pluricellulari in conglomerato cementizio armato e sono chiamati ad assolvere esclusivamente la doppia funzione di contenimento del retrostante terrapieno congiuntamente a quella di formazione del fronte banchinato destinato all'attracco dei natanti.

Infatti, come è stato possibile sperimentare e quindi confermare direttamente, rispetto alle previsioni di base, nel corso di questi anni trascorsi dall'avvenuta conclusione dei lavori di I Stralcio del I Lotto delle Opere Strategiche, lo stato di agitazione residua interna alla D.S. può considerarsi del tutto trascurabile, ai fini pratici della fruibilità dello specchio acqueo interno alla Darsena ed in particolare della possibilità di ormeggio dei natanti previsti in progetto.

Più in dettaglio, le opere di contenimento costituenti la darsena si suddividono in tre distinte tipologie di cassoni (A, B e C a loro volta suddivise in sottocategorie in funzione delle contingenti condizioni al contorno) che saranno poste in opera secondo lo schema riportato nella seguente Figura e come meglio descritto negli elaborati grafici progettuali.

Nella Tabella sottostante (Tab.3.1) sono sinteticamente riportate le principali grandezze geometriche dei cassoni cellulari della Darsena Servizi. Inoltre, sono riportate le quote d'imbasamento e la presenza o meno di celle antirisacca tra loro interconnesse per l'attenuazione dell'energia ondosa residua.

| ABACO CASSONI DARSENA SERVIZI | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----------|-----------|---------|----------------------|-------------------------|-----------|
| Tipologia | | Lunghezza | Larghezza | Altezza | Quota Imbasamento | Quota Sovrastruttura | Numero |
| | Caratteristica | (m) | (m) | (m) | (m) | | (n°) |
| Cassone A | Muro paraonde Celle antirisacca | 25.54 | 10.28 | 8.30 | -8.00 | +1.50 | 3 |
| Cassone A1 | Muro paraonde - Celle antirisacca - Soletta sagomata | 15.05 | 10.28 | 8.30 | -8.00 | +1.50 | 1 |
| Cassone B | Senza celle antirisacca | 15.10 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 3 |
| Cassone B1 | Soletta sagomata Senza celle antirisacca | 15.10 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 2 |
| Cassone B1s | Soletta sagomata Senza celle antirisacca | 15.10 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 3 |
| Cassone B2 | Celle antirisacca | 15.10 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 4 |
| Cassone C | Senza celle antirisacca | 20.15 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 5 |
| Cassone C1 | Soletta sagomata Senza celle antirisacca | 20.15 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 3 |
| Cassone C1s | Soletta sagomata Senza celle antirisacca | 20.15 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 1 |
| Cassone C2 | Celle antirisacca | 20.15 | 5.00 | 6.30 | -6.00 | +1.50 | 22 |
| TOTALE NUMERO CASSONI | | | | | | | 47 |

Tabella 3.1: Tipologie di cassoni adottate per la Darsena Servizi

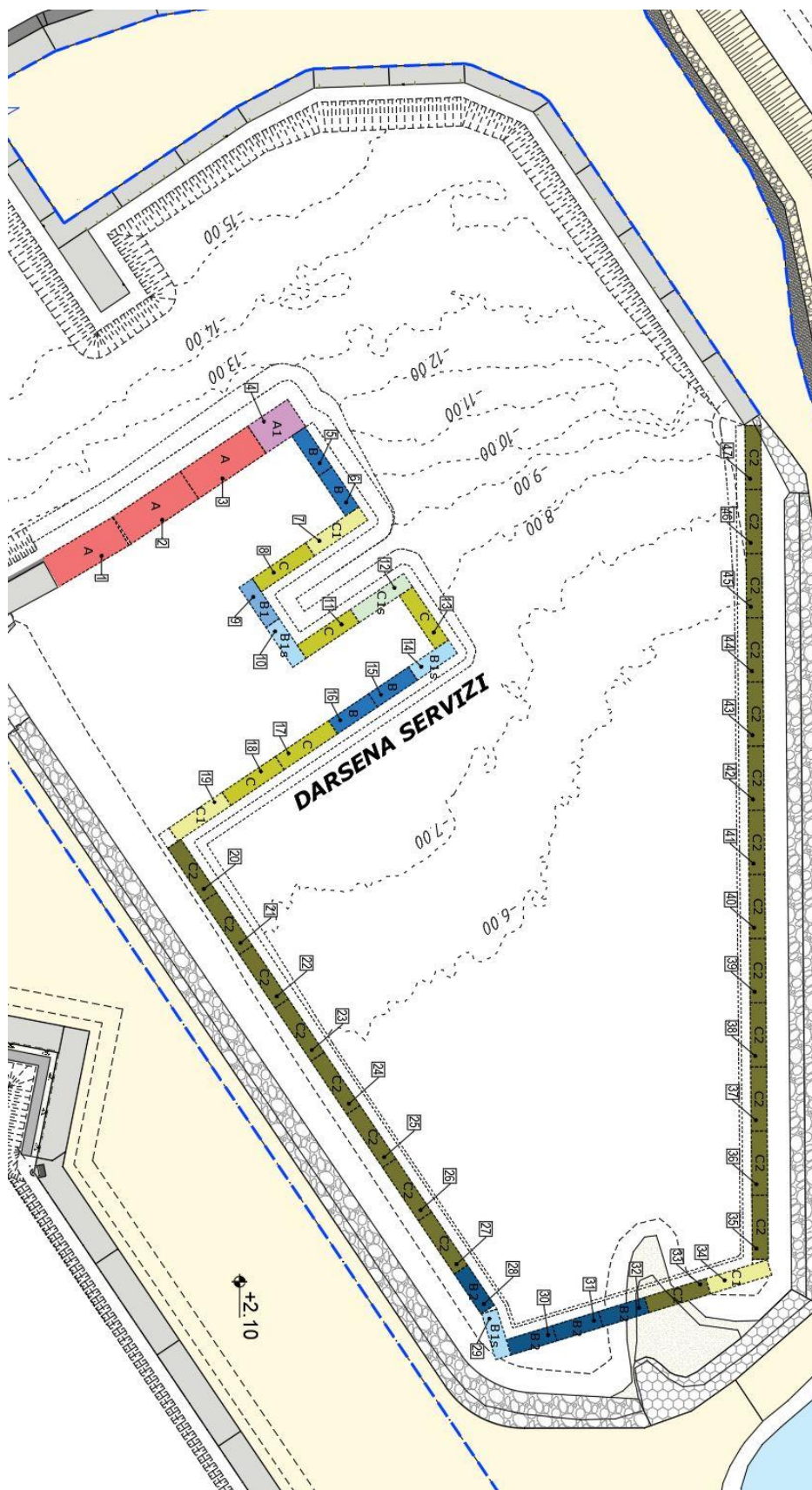


Fig.3.1: Planimetria ubicativa delle diverse tipologie di cassoni adottate per il banchinamento interno alla DS

Tutti i cassoni cellulari della Darsena Servizi verranno realizzati in calcestruzzo cementizio armato con classe di resistenza R_{ck} 45 N/mm², classe di consistenza S5, classe di esposizione XS3 e con barre di armatura in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C.

Per quanto attiene lo spessore delle varie porzioni strutturali, i cassoni sono stati sostanzialmente suddivisi in due gruppi, di questi per il primo, (tipologia A ed A1), relativo ai cassoni di maggiori dimensioni e pertanto di maggior impegno statico (quota di imbasamento – 8,00 m l.m.m.), si è adottata una zattera di fondazione di 80 cm, mentre per le pareti che rappresentano l'involucro esterno del fusto lo spessore adottato è stato di 50 cm.

Per le altre due tipologie B, B1s, B1s e C, C1, C1s e C2 (imbasate alla quota – 6,00 m l.m.m.) è stata invece adottata una zattera di fondazione dello spessore di 50 cm mentre per le pareti costituenti l'involucro esterno del fusto lo spessore adottato è di 30 cm.

Invece, per quanto riguarda le dimensioni delle varie componenti strutturali tutti i setti interni, sia trasversali sia longitudinali, alle varie tipologie di cassoni hanno spessore pari a 25 cm.

Inoltre, nel rispetto della precedente scelta progettuale volta a preservare la durabilità dell'opera, per tutte le barre di armatura delle strutture in cemento armato posizionate sia interamente sia parzialmente ad una quota superiore rispetto a -2,50 m sul livello medio marino, dovrà essere garantito il trattamento di zincatura a caldo per l'intera lunghezza della barra.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI PREGRESSE

Relativamente alle indagini geognostiche integrative resesi necessarie per la caratterizzazione chimica, fisica e batteriologica, propedeutiche all'autorizzazione al dragaggio, il materiale componente la coltre oggetto di escavo subacqueo è come di seguito composto:

| | Ghiaia | Sabbia molto grossa | Sabbia grossa | Sabbia media | Sabbia fine | Sabbia molto fine | Pelite | | | | | |
|--------------------|--------|---------------------|---------------|--------------|-------------|-------------------|--------|-------|-------|-------|------|--------|
| | -1 Ø | -0,5 Ø | 0 Ø | 0,5 Ø | 1 Ø | 1,5 Ø | 2 Ø | 2,5 Ø | 3 Ø | 3,5 Ø | 4 Ø | >4 Ø |
| | 2000µm | 1400µm | 1000µm | 710µm | 500µm | 355µm | 250µm | 180µm | 125µm | 90µm | 63µm | < 63µm |
| Q3-Q4-Q5 /0-50 | 9,3 | 1,8 | 1,9 | 2,5 | 8,9 | 18,2 | 13,4 | 19,1 | 11,5 | 3,7 | 1,2 | 8,6 |
| Q3-Q4-Q5 /50-100 | 37,7 | 2,0 | 2,4 | 3,6 | 7,7 | 10,4 | 5,8 | 6,6 | 4,8 | 4,5 | 1,3 | 13,3 |
| Q3-Q4-Q5 /100-200 | 37,9 | 3,1 | 3,5 | 3,8 | 5,0 | 4,2 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 3,1 | 1,7 | 24,7 |
| Q10-Q1-Q2 /0-50 | 34,5 | 4,2 | 4,3 | 4,6 | 6,1 | 7,4 | 7,5 | 8,0 | 5,5 | 2,9 | 1,7 | 13,3 |
| Q10-Q1-Q2 /50-100 | 48,4 | 2,5 | 2,4 | 2,8 | 4,0 | 5,4 | 5,9 | 6,3 | 5,2 | 2,5 | 1,2 | 13,4 |
| Q10-Q1-Q2 /100-200 | 60,5 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 3,3 | 3,2 | 3,3 | 3,7 | 3,8 | 2,1 | 1,1 | 11,7 |
| Q7-Q8-Q9 /0-50 | 2,2 | 0,8 | 1,4 | 2,6 | 6,6 | 14,5 | 20,2 | 20,0 | 12,5 | 6,9 | 3,7 | 8,7 |
| Q7-Q8-Q9 /50-100 | 48,0 | 2,2 | 1,9 | 2,7 | 5,8 | 6,3 | 7,5 | 6,8 | 1,5 | 4,7 | 1,2 | 11,5 |
| Q7-Q8-Q9 /100-200 | 54,4 | 2,7 | 2,4 | 2,6 | 3,3 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 1,8 | 2,7 | 1,7 | 18,0 |
| Q6/0-50 | 16,0 | 3,1 | 3,3 | 4,4 | 6,4 | 5,2 | 4,3 | 5,0 | 5,1 | 4,0 | 2,6 | 40,5 |
| Q6/50-100 | 23,3 | 3,6 | 3,7 | 5,0 | 6,9 | 6,1 | 4,8 | 5,2 | 5,6 | 3,5 | 2,0 | 30,3 |

Tab.4.1: Ripartizione delle classi granulometriche nei sedimenti analizzati.

In sostanza è stato possibile constatare che la maggioranza dei campioni analizzati presenta una composizione granulometrica grossolana, essendo costituiti principalmente da sabbia e ghiaia, con una frazione della componente pelitica quasi sempre al disotto del 20%. Solo nel caso del campione Q6, alle diverse quote ispezionate, troviamo caratteristiche diverse rispetto ai precedenti campioni, essendo caratterizzato da maggiori percentuali di pelite (40,5% nel livello 0-50 cm e 30,3% nel livello 50- 100 cm); la frazione ghiaiosa, pari al 16,0% nel livello 0-50 cm, aumenta a 23,3% nello strato sottostante.

Inoltre, va evidenziato come l'orizzonte stratigrafico oggetto dell'attività di dragaggio sia sostanzialmente suddividibile in due diversi strati, di spessore pressoché equivalenti, di questi quello superiore è prevalentemente composto da materiali sciolti a prevalente frazione granulare sabbiosa e ghiaiosa con intercalati orizzonti limosi argillosi. Mentre lo strato inferiore risulta prevalentemente costituito da calcarenite, da fratturata a molto fratturata, con abbondante matrice residuale inorganica di colore avana e granulometria a prevalenza limoso argillosa.

Il progetto prevede il totale riutilizzo del materiale proveniente dalle operazioni di dragaggio che verrà refluito inizialmente, all'interno della attuale cassa di colmata nord per poter essere successivamente riutilizzato:

- a) per la formazione della colmata stessa che andrà a costituire i futuri piazzali della Darsena Energetica Grandi Masse;
- b) per i terrapieni della Darsena Servizi;
- c) per il riempimento delle celle dei cassoni di banchinamento.

In particolare, i materiali aventi le migliori caratteristiche dal punto di vista geomeccanico verranno messi a dimora per la formazione dei riempimenti a supporto dei futuri piazzali portuali della D.S. o della D.E.G.M., mentre i materiali geotecnicamente più scadenti potranno essere riutilizzati per lo zavorramento dei cassoni.

5. ARTICOLAZIONE DELLE FASI REALIZZATIVE

Le fasi previste nella realizzazione dei banchinamenti interni si articolano temporalmente secondo lo schema qui di seguito riportato.

1. Avvio delle operazioni di prefabbricazione delle diverse tipologie di cassoni cellulari in funzione della articolazione temporale dettata dai tempi di stagionatura, dai relativi posizionamenti in opera e dal conseguenziale stato sollecitativo.
2. Salpamento delle scogliere esistenti, formate da massi artificiali tipo antifer e da massi naturali di I e di III categoria posizionati fuori della sagoma di progetto.
3. Lavorazioni preventive di escavo subacqueo per l'approfondimento dei fondali relativi:
 - a. allo specchio acqueo sino alla -6,0 m dal l.m.m.;
 - b. alla realizzazione dello scanno di basamento dei cassoni alla - 7,0 m dal l.m.m.
4. Formazione dello scanno di basamento dei cassoni mediante fornitura in opera di pietrame 50-300 daN, spianato all'estradosso con pezzatura minuta d'intasamento e protetto in corrispondenza del piede esterno con massi di I categoria (500-1.000 daN) relativamente ai cassoni interni al bacino e con massi di III categoria (1.000-3.000 daN).
5. Contestuale sversamento del materiale dragato all'interno della limitrofa cassa di colmata.
6. Posizionamento in opera dei cassoni cellulari e contestuale zavorramento di stabilizzazione dapprima con acqua e successivamente, a posizionamento verificato, con materiale proveniente dal dragaggio, secondo le planimetrie di tracciamento e la classificazione tipologica funzionale alla rispettiva collocazione.
7. Sigillatura degli spazi di raccordo tra cassoni singolari, delle chiavi di sigillatura tra cassoni adiacenti e delle solette a copertura del materiale di riempimento delle celle antirisacca mediante getto subacqueo di conglomerato cementizio, anche mediante l'ausilio di personale subacqueo.
8. Rinfianco a tergo dei cassoni mediante pietrame di pezzatura 5-50 daN conterminato superiormente con strato filtrante in geotessuto secondo le sagome di progetto.
9. Riempimento delle depressioni formatesi negli spazi residuali compresi tra i rinfianchi e i vecchi terrapieni con idoneo materiale certificato appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5 ed A3 proveniente da dragaggio, scavi, cave di prestito e/o impianti di riciclaggio.
10. Realizzazione della sovrastruttura di banchina mediante la predisposizione delle casserature per il confinamento dei getti e disposizione delle armature metalliche della sovrastruttura di banchina. Contestuale collocamento in opera, secondo le geometrie di progetto, dei collettori,

dei corrugati e dei relativi pozzetti d'ispezione necessari ai sottoservizi di banchina e degli inghisaggi funzionali ai vari arredi (scalette, parabordi, bitte, anelloni etc.).

Completamento della sovrastruttura mediante getto in opera del relativo conglomerato cementizio, nel rispetto delle modalità, disposizioni e tempi prescritti nel capitolato speciale dell'appalto.

11. Fornitura in opera degli arredi di banchina in corrispondenza delle relative predisposizioni per la piena funzionalizzazione degli accosti.
12. Realizzazione del muro di contenimento e di separazione tra le aree funzionali alla Darsena Servizi e quelle della Darsena Traghetti.
13. Posa in opera dei sovrastanti pannelli di perimetrazione del tipo in grigliato metallico zincato a caldo.
14. Spianamento e compattazione con materiale arido con idoneo materiale certificato appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5 ed A3 proveniente da dragaggio, scavi, cave di prestito e/o impianti di riciclaggio.

5.1 Attività di dragaggio

Si prevede che le lavorazioni (dragaggi e salpamenti) possano ragionevolmente concludersi entro e non oltre 120 gg naturali e consecutivi, come da cronoprogramma. Per quanto precede è plausibile affermare che le lavorazioni di cui al precedente punto n.3 (Lavorazioni preventive di escavo subacqueo per l'approfondimento dei fondali) possano essere ultimate in 4 settimane (30gg naturali e consecutivi). Si prevede altresì che dette lavorazioni possano aver inizio alla fine del 2020 o nel corso della primavera del 2021.

Come accennato il materiale oggetto di dragaggio è sostanzialmente composto da due orizzonti stratigrafici, di spessore pressoché equivalente, di cui quello superiore è prevalentemente composto da materiale granulare sciolto (sabbie con ghiaia), quello sottostante, invece, risulta prevalentemente costituito da una calcarenite più o meno fratturata.

Per quanto attiene le modalità secondo le quali potrà essere esplicata l'attività di dragaggio vanno evidenziate le attuali condizioni al contorno:

- 1) Il bacino oggetto del dragaggio è completamente conterminato ed è costituito dallo specchio acqueo della Darsena Servizi.
- 2) Il volume oggetto di dragaggio dovrà essere refluito, per poi essere riutilizzato, nella attigua cassa di colmata che è posizionata ad una distanza di qualche decina di metri.

- 3) Il volume totale dei sedimenti in sito è pari a circa 8.500 m^3 .
- 4) La capacità utile della prima vasca su cui andrà refluito il materiale, intercettata tra l'attuale livello idrico e il margine del coronamento che la separa dalla seconda vasca di sedimentazione ammonta a circa 60.000 m^3 . Tale capacità, infatti, risulta a fronte di una estensione utile della vasca di circa 60.000 m^2 ed un differenziale idrico tra il livello della superficie delle acque interne e l'argine di separazione (sfioratore) con la vasca di sedimentazione di circa 1,0 m.

Alla luce della tipologia del materiale, dei quantitativi, delle distanze tra il punto di dragaggio ed il sito di sversamento e della capacità utile disponibile, si può supporre che l'attività di dragaggio possa essere svolta, senza per questo avere grosse problematiche gestionali tra i quantitativi riversati meccanicamente o refluiti idraulicamente e le portate effluenti, sia mediante l'uso di:

- 1) Draga meccanica con escavatore dotato di cucchiaio rovescio ed eventualmente con martellone pneumatico per la disaggregazione della parte di sedimento più consistente, eventualmente dotata di pozzo d'invaso per il materiale dragato o coadiuvata da una bettolina di supporto per il trasposto a terra del sedimento.
- 2) Draga idraulica del tipo aspirante refluyente dotata di disaggregatore di media potenza. Collegata al sito di sversamento mediante condotta galleggiante o, alternativamente, dotata di un idoneo volume d'invaso al suo interno o mediante betta ausiliaria.

In entrambe i casi il volume di sedimento e fluido non raggiungerà mai la quota sommitale dello sfioratore. Infatti, nel caso di draga aspirante refluyente la miscela fluida acqua e materiale solido si può stimare che sia in un rapporto variabile da 4/1 a 6/1. Pertanto, anche nel peggiore dei casi, avremo che il dragaggio degli 8.000 m^3 di sedimento, originerà un volume di miscela, che al massimo, potrà arrivare a circa 48.000 m^3 (rapporto 6/1). Volume che comunque, anche in considerazione delle ridotte distanze tra il punto di prelievo e quello di sversamento e delle consequenziali minime perdite di carico, dovrebbe essere convenientemente inferiore.

Pertanto, in considerazione che lo specchio acqueo della cassa è di circa 60.000 m^3 e che si ha un franco utile di circa un metro si può ragionevolmente supporre che il materiale refluito non passerà attraverso lo sfioro ma resterà conterminato, con ampio margine, nella vasca sino al livellamento della quota idrica che avverrà nel tempo in funzione delle caratteristiche di permeabilità della vasca stessa.

La compartimentazione esistente ha funzionalmente suddiviso le superfici disponibili (100.000 mq circa) in un vasca primaria e in una vasca di sedimentazione secondaria, atte a trattenere i solidi sospesi, per come illustrato nella figura seguente.



Fig.5.1.1: Superficie vasca di colmata e relativa compartimentazione

Si ritiene altresì opportuno ribadire, come riportato nel Piano operativo di campionamento, redatto ai sensi del D.M. 173/2016, che i volumi movimentati, pari indicativamente a 17.000 m³, derivino in parte dall'escavo dei fondali (**8500 m³ circa**) ed in parte dal salpamento dei massi naturali ed artificiali di diversa categoria suddetti, costituenti l'attuale scogliera (per ulteriori 8500 m³ circa).

6. DETTAGLI STRUTTURALI DELLA VASCA DI COLMATA

Nell'immagine successiva viene riportata la Planimetria dello stato attuale con l'andamento plano-batimetrico e la sagoma dell'intervento in oggetto.

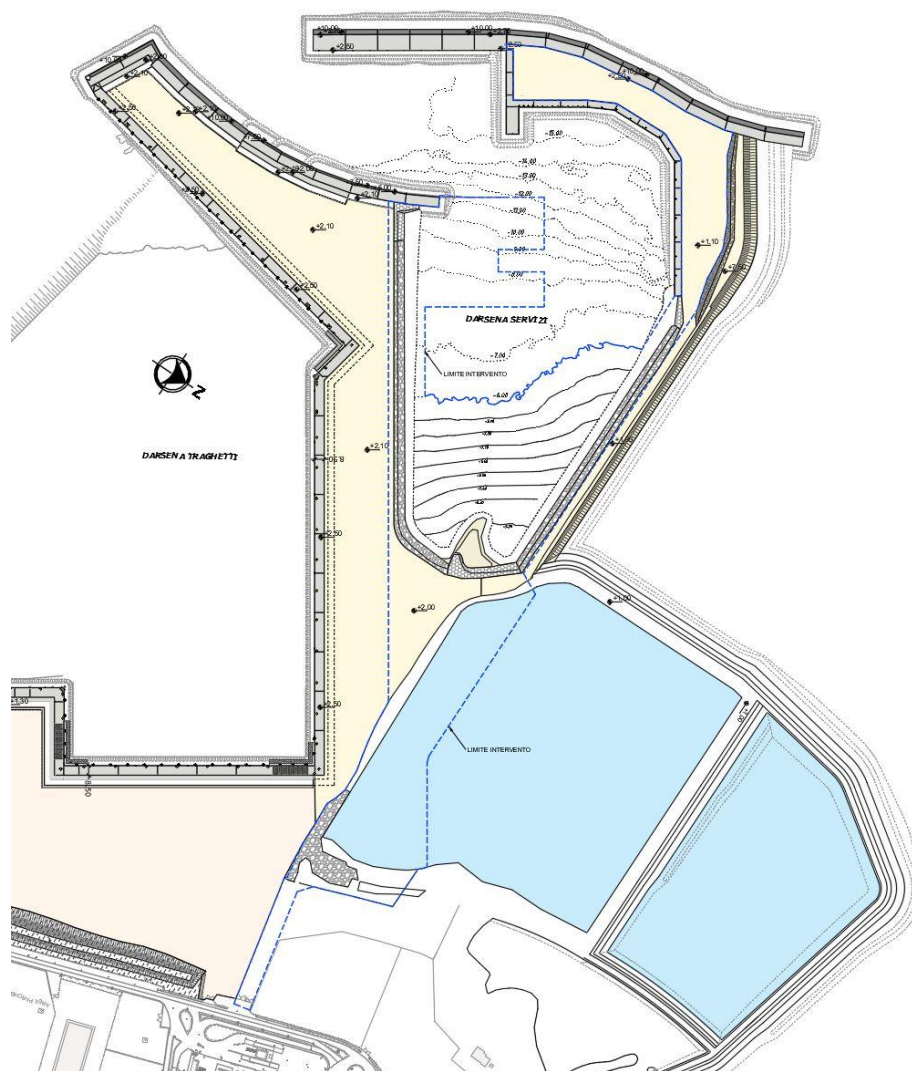


Fig.. 6.1 Darsena Servizi: Planimetria dello stato attuale con andamento plano-batimetrico e sagoma dell'intervento

Nella planimetria di seguito riportata si evidenzia l'esatta ubicazione della porzione dell'esistente vasca di colmata (limite intervento) in cui verranno refluiti, con apposite condotte, i fanghi di dragaggio provenienti dell'escavo della Darsena Servizi. La vasca di colmata ha una capacità residuale ampiamente sufficiente a detto scopo.

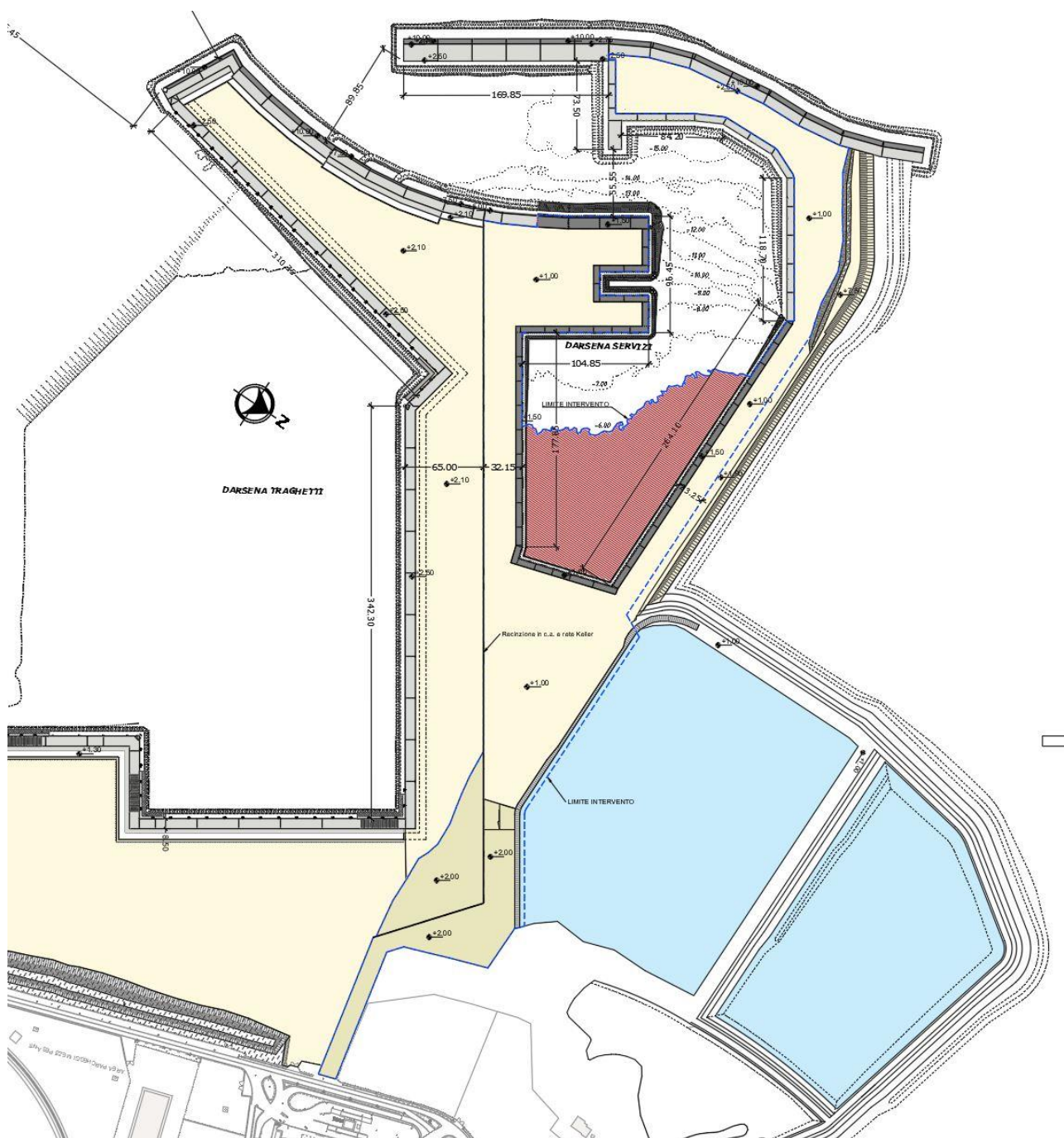


Fig.6.2 Darsena Servizi: Planimetria delle opere di banchinamento interno e dell'area di dragaggio

Si riportano nel seguito alcuni dettagli strutturali dell'esistente vasca di colmata.

La scogliera di perimetrazione della vasca è stata realizzata secondo la tradizionale tipologia a gettata con nucleo della scogliera in tout venant di cava, protetto lato mare con una mantellata realizzata con massi naturali e con massi artificiali. In corrispondenza dei tratti ricadenti sulle profondità minori e quindi sottoposti agli stati di mare di minore intensità, è stato predisposto un doppio strato di massi

naturali. Invece al crescere della profondità di imbasamento della scogliera ed al proporzionale incremento dell'intensità del moto ondoso è stato predisposto prima un doppio strato di massi Antifer e di massi Tetrapodi in corrispondenza della testata. I massi naturali ed artificiali costituenti la mantellata verranno disposti sopra un idoneo strato filtro in massi naturali per evitare l'asportazione del materiale fino del nucleo. La mantellata sarà protetta al piede con una berma di scogli di opportuna pezzatura.

Si allegano alla presente alcuni degli elaborati del progetto esecutivo dell'intervento denominato "Opere complementari-Vasca di colmata Nord".

7. IL TRAFFICO NAVALE

Il porto di Civitavecchia, fondato dall'imperatore Traiano nel 108 d.C. come porta di Roma, ha rappresentato per molti secoli il fulcro degli scambi e dei contatti tra i popoli dell'antico "Mare Nostrum". Ancora oggi lo scalo conserva questa posizione privilegiata tanto da rivestire un ruolo di primaria importanza all'interno del network laziale.

Proprio in virtù delle particolari caratteristiche geografiche e geofisiche, punta in assoluto a diventare il primo porto in Italia, soprattutto per le sue potenzialità di sviluppo garantite da diversi milioni di metri quadrati di aree retroportuali disponibili.

Il porto di Civitavecchia, è stato diviso in due macro aree: a sud, nel porto storico, quella dedicata al turismo e al diportismo, con la creazione di uno dei Marina Yachting più suggestivi ed affascinanti del Mediterraneo; a nord l'area per i traffici commerciali, la pesca e il cabotaggio. Il tutto "difeso" dall'antemurale Cristoforo Colombo, trasformato in uno dei terminal crociere più lunghi del mondo. Oggi, Civitavecchia è il secondo porto crocieristico d'Europa e il primo in Italia e dispone di collegamenti marittimi giornalieri o settimanali (c.d. Autostrade del Mare) per il trasporto di passeggeri e camion per Spagna, Sardegna, Sicilia e Tunisia.

Oggi il porto di Civitavecchia può contare su circa 2.000.000 mq di banchine, 34 attracchi operativi da 100 a 400 m di lunghezza, per oltre 16 km di accosti, con pescaggi fino a 18 metri e fondali rocciosi.

Nel 2018 è stato registrato un numero di totale di accosti pari a 3212 per come di seguito descritto

SETTORE NAVI DA CROCIERA

Per l'anno 2018, si è registrato un numero totale di accosti delle navi da crociera pari a 760, di cui n.520 nel periodo Aprile-Settembre e n.240 nei restanti mesi (gen-feb-marzo-ottobre-novembre-dicembre). Nel periodo Aprile-Settembre la fascia oraria di arrivo delle navi da crociera è dalle ore 4:00 alle ore 8:00, mentre la fascia oraria di partenza è tra le ore 18:00 e le ore 22:00. Nei restanti mesi (gen-feb-marzo-ott-nov-dicembre), la fascia oraria di arrivo, in cui si concentra il numero di accosti, resta invariata mentre la fascia oraria di partenza degli stessi, è più breve, attestandosi tra le ore 18:00 e le ore 20:00.

SETTORE CARGO

Il numero totale degli accosti nell'anno 2018, è pari a 771. Per questo settore è molto difficile elaborare e successivamente aggregare un significativo numero di accosti, concentrati in alcune fasce orarie, sempre su base annuale, in quanto si riscontra una diversificazione elevata degli orari di accosto.

SETTORE TRAGHETTI

Nell'anno 2018, il numero di accosti delle navi Ro-Ro passenger è pari a 1.681, di cui 1.027, nel periodo tra i mesi di Aprile e Settembre, e pari a 654 nei restanti mesi. Per le stagioni INVERNO (gennaio, febbraio e marzo) ed AUTUNNO (ottobre, novembre e dicembre) si rappresenta quanto segue. Non esiste una fascia oraria definita per questo settore, in quanto ogni fascia oraria giornaliera di arrivo delle navi di linea al porto di Civitavecchia registra accosti di tali navi attestandosi su un numero annuale tra i 30 ed i 40 accosti.

Si distinguono due picchi del numero di accosti, nella fascia oraria tra le 6:00 e le 7:00 del mattino, che registra un numero di accosti annuale stagionale pari a 183, e tra le 15:00 e le 16:00 pari a 65 accosti. Per la fascia oraria di partenza si rappresenta quanto segue. Si registra il maggior numero di accosti annuali nelle fasce orarie comprese tra le ore 19:00 e le ore 21:00, in numero di 106, e tra le 22:00 e le 23:00, in numero di 212. In Primavera-estate (aprile-settembre), la fascia oraria a più alta concentrazione di accosti annuali delle navi in arrivo nel porto di Civitavecchia, per questa stagionalità, è tra le 6:00 e le 7:00 del mattino con 251 accosti, tra le 10:00 e le 11:00, con 63 accosti, tra le 16:00 e le 17:00, con 70 accosti, tra le 17:00 e le 18:00, con 78 accosti, ed infine tra le 19:00 e le 20:00, con 189 accosti. La fascia oraria a più alta concentrazione per la partenza si registra tra le 8:00 e le 10:00 del mattino, tra le 19:00 e le 20:00, e tra le 22:00 e le ore 00:00.

SETTORE PESCHERECCI E NAVI RESIDENTI

Le navi da pesca annualmente mantengono invariato l'orario giornaliero di partenza (uscita) alle ore 3:00 del mattino, e di arrivo (rientro) nel porto di Civitavecchia alle ore 17/18:00.

Per quanto riguarda le navi residenti (bettoline, rimorchiatori, servizi tecnico nautici) il transito è funzione dell'operatività di esercizio.

8. MONITORAGGIO MATRICI AMBIENTALI

Lo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia è l'esito di un articolato processo di pianificazione e progettazione unitario, avviato negli anni '90 e tutt'ora in corso. Sin dal 1990 si resero indifferibili rilevanti opere infrastrutturali, finalizzate sia allo sviluppo dei traffici, che alla delocalizzazione delle attività commerciali ed industriali più impattanti.

Il vigente Piano Regolatore Portuale di Civitavecchia (PRP2004) (e le Varianti resesi nel contempo necessarie per il perseguimento dei suddetti obiettivi), è stato approvato con Deliberazione di Giunta della Regione Lazio n.121 del 23.03.2012, alle condizioni ambientali/prescrizioni di cui ai DEC/VIA/2935 del 22.12.1997, DEC/VIA/6923 del 28.01.2002, DEC/VIA/4 del 9/2/2010.

Inoltre con l'adozione della c.d. Legge Obiettivo (L. 443/01) e con il riconoscimento del Porto di Civitavecchia quale porto strategico per lo sviluppo Nazionale dei trasporti, alcuni degli interventi previsti dal PRP sono stati inseriti tra i progetti strategici identificati dal CIPE. I progetti preliminari delle Opere Strategiche per il porto di Civitavecchia (OO.SS.), sono stati approvati per la parte ambientale con parere favorevole della CSVIA del 20.12.2003 e, successivamente dal CIPE con Delibera n.103 del 2004; con le Delibere n. 140 del 21.12.2007 e n. 2 del 25.01.2008, il CIPE ha approvato, ai sensi e per gli effetti dell'art.166 del D.lgs 163/2006, con le prescrizioni e le raccomandazioni proposte del MATTM, prot. DSA_2006_0021173, il progetto definitivo "Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia - Primo lotto funzionale - prolungamento antemurale Cristoforo Colombo, Darsena Traghetti e Servizi".

Il MATTM ha determinato la parziale positiva conclusione delle attività di verifica e controllo, (ex art. 185 commi 6 e 7 del D. lgs 163/2006), previste per le infrastrutture strategiche di cui alla Legge 21 dicembre 2001, n. 443, prevedendo specifiche disposizioni per il completamento dell'istruttoria.

Come premesso, l'intervento in argomento è parte integrante del suddetto "Primo lotto funzionale delle Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia" e pertanto vigono le medesime disposizioni autorizzative.

Per quanto precede verranno definite, con il supporto tecnico scientifico di ARPA Lazio, in virtù di un Protocollo d'Intesa sottoscritto in data 20.02.2009, le modalità operative, la frequenza, i metodi di analisi e i tempi di attuazione dei monitoraggi relativi alla qualità dell'aria e del clima acustico, nel rispetto di tutte le prescrizioni/condizioni di cui ai citati atti autorizzativi e Provvedimenti Direttoriali.

Inoltre, si prevede contestualmente alle lavorazioni di escavo, il monitoraggio degli elementi qualitativi dei corpi idrici superficiali, che permetterà di valutare l'evoluzione del sistema ambientale

e di prevenire il verificarsi di eventuali situazioni anomale che possano pregiudicare il conseguimento del così detto G.E.S. di cui alla European Union's Marine Strategy Framework Directive o minare la conservazione degli habitat e delle specie oggetto di tutela ai sensi delle Leggi Nazionali e/o Comunitarie.

Inoltre il D.M. 173/2016 introduce dei valori soglia (art 3.3.1) per il parametro Torbidità, disponendo altresì che vengano intraprese opportune misure in caso di rilevate difformità.

Per quanto precede verranno definite, con il supporto tecnico scientifico di ISPRA, in virtù di un Convenzione quadro sottoscritta in data 12.03.2019, le modalità operative, la frequenza, i metodi di analisi e i tempi di attuazione del monitoraggio dell'ambiente marino costiero. Si prevede altresì l'implementazione di una procedura operativa atta a limitare l'eventuale dispersione del Particellato Solido Sospeso (SPM); nello specifico qualora venisse rilevato il superamento di detto valore soglia, e qualora tale criticità perdurasse nel tempo, l'impresa dovrà obbligatoriamente implementare le misure mitigative previste per contenere la dispersione dei solidi sospesi.

A tal fine si riporta una breve relazione sulle misurazioni effettuate nel quinquennio 2012-2017 dall'Università degli studi la "Tuscia" attraverso una stazione multiparametrica installata in ottemperanza a quanto disposto dai citati decreti autorizzativi.

La stazione di misura denominata 'Ambiti Portuali', è stata installata presso la banchina n.26 del Porto di Civitavecchia, per come indicato nella figura seguente. La stazione ha acquisito dati in continuo nel periodo compreso tra la metà del 2012 e l'inizio del 2018. Era costituita da un insieme di sensori assemblati ad hoc per la misura dei parametri temperatura, conducibilità (salinità, densità), pH, ossigeno disciolto, fluorescenza della clorofilla a, torbidità. I dati sono stati trasmessi con cadenza giornaliera al CED dell'Autorità Portuale, dopo essere stati sottoposti ad un processo di controllo di qualità da parte del personale del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina.

I dati acquisiti dalla suddetta stazione, sono stati pubblicati sul Portale di Informazione e Monitoraggio Ambientale dell'AdSP all' indirizzo:

http://ambiente.portidiroma.it/prianet/civitavecchia/qualita_acqua_marina/stazioni_fisse_U

E' stato effettuato, per le finalità di cui al DM 173/2016, il calcolo del 90° percentile per il periodo 2016-2017, in cui è risultato pari a 33.68mg/l corrispondente a 55,07 NTU, per come rappresentato dal sopracitato laboratorio con nota del 04.05.2020.

La stazione di misura era stata installata sulla banchina 26 del porto commerciale di Civitavecchia data la prossimità con le realizzande opere di cui al I lotto funzionale delle Opere strategiche (prolungamento antemurale Colombo, Darsene Servizi e Traghetti), per come illustrato nella figura

seguinte.

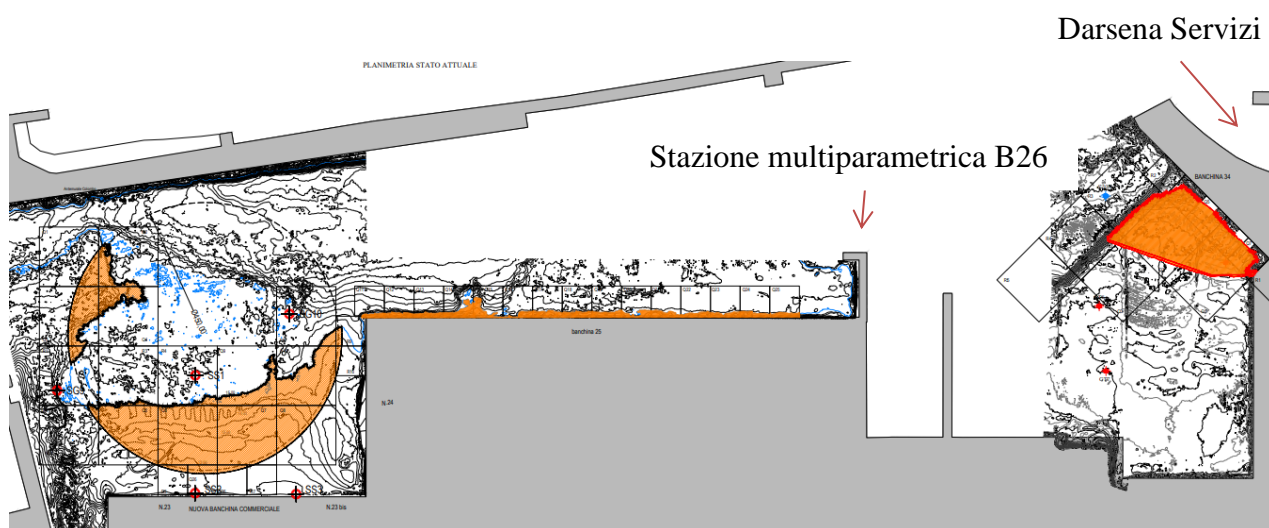


Fig.8.1:Stralcio planimetrico del Porto di Civitavecchia; banchina 26

Inoltre l'ADSP ha disposto che, contestualmente alle lavorazioni di cui al "I lotto funzionale Opere strategiche-Pontile II- Darsena Traghetti", venisse installata dai tecnici dell'impresa aggiudicataria una sonda turbidimetrica in prossimità dell'ambito di intervento, al fine di rilevare in continuum la concentrazione dei solidi sospesi totali, affinché possano eventualmente essere intraprese opportune misure in caso di rilevate difformità. Tale stazione è stata resa operativa a decorrere dal 05.05.2020; i dati acquisiti vengono "uploadati" ogni 12 ore sul sito <ftp://217.58.205.10>.

Si prevede che dette lavorazioni e le relative attività di monitoraggio possano essere ultimate entro il mese di agosto 2020. Si riporta nel seguito uno stralcio planimetrico con l'indicazione dell'area in cui è stata installata detta stazione turbidimetrica.

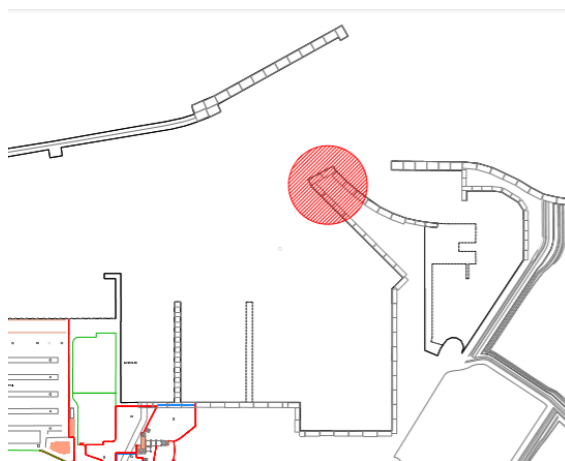


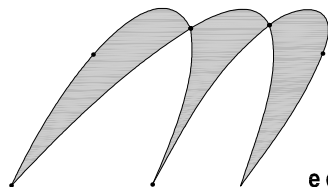
Fig.8.2: Area di ubicazione stazione turbidimetrica per il controllo del PSM

Civitavecchia, lì 11.06.2020

Il Tecnico
(Dott. Giorgio Fersini)

Allegati:

- 1 “Opere complementari-Vasca di colmata Nord”, Relazione Illustrativa;
- 2 “Opere complementari-Vasca di colmata Nord”, Relazione di calcolo Idraulico;
- 3 “Opere complementari-Vasca di colmata Nord”, Sezione tipo di progetto 1/2.
- 4 “Opere complementari-Vasca di colmata Nord”, Sezione tipo di progetto 2/2.



PORTI
di ROMA
e del LAZIO

AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA

Molo Vespucci 00053 - CIVITAVECCHIA (RM)
Tel. 0766 366201
email: civitavecchia@portidiroma.it

PROGETTO:

OPERE STRATEGICHE PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA 1° LOTTO FUNZIONALE:

OPERE COMPLEMENTARI: VASCA DI COLMATA NORD

COMMITTENTE:

Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta

IL PRESIDENTE

Dott. Pasqualino Monti

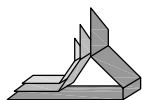
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maurizio Ievolella

IL COORDINATORE GENERALE

Dott. Ing. Giuseppe Solinas

PROGETTAZIONE : UFFICIO DIREZIONE LAVORI



Rogedil Servizi s.r.l.

Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA
Tel. 06 82002948 Fax 06 82097772
email: servizi@rogedil.com

ROGEDIL Servizi S.r.l.
Il Presidente

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Dott. Ing. Franco PORTOGHESI



REALIZZAZIONE DELLE OPERE:

R.T.I.

Grandi Lavori Fincosit S.p.A
(Mandataria)

Impresa Pietro Cidonio S.p.A.
Coopsette Soc. Coop.
Itinera S.p.A.
(Mandanti)

PROGETTO ESECUTIVO

| N° progetto | Commessa | N° progr. | N° elaborato | Rev | Cap | Tip |
|-------------|----------|-----------|--------------|-----|-----|-----|
| 01812 | CIV VSC | E 010 | 001 0 | 0 | D | R |

ELABORATI DESCRITTIVI

OGGETTO:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

| | | | | | |
|-------|------|-------------------------------|---------|-------------|------------|
| Scala | Plot | File 01812CIVVSC01000100DR | Redatto | Controllato | Approvato |
| | Dim | Tipo PDF | GUERRA | GUERRA | PORTOGHESI |

| DATA | REV | DESCRIZIONE | CODICE |
|------|-----|---------------------------------|--------|
| E | 0 | Emissione per Approvazione Enti | 18/12 |
| | | | |

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. Premessa..... | 2 |
| 2. Riferimenti autorizzativi..... | 2 |
| 3. Stato ante operam..... | 3 |
| 4. Descrizione dell'intervento..... | 4 |
| 5. Fasi di realizzazione | 11 |
| 6. Aspetti geologici geotecnici | 12 |
| 7. Stima economica dell'intervento | 12 |
| 8. Tempi di esecuzione dei lavori..... | 13 |



1. Premessa

Oggetto del presente elaborato è la relazione illustrativa del progetto dal titolo "Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia : 1° Lotto Funzionale prolungamento Antemurale Colombo darsene Servizi e Traghetti : Opere Complementari: vasca di colmata nord".

La progettazione di tali opere complementari è stata affidata dal RUP alla Direzione Lavori dell'intervento principale connesso con il I lotto delle Opere Strategiche, ipotizzando il successivo affidamento dei lavori allo stesso Raggruppamento esecutore ai sensi all'art. 57 del Dlgs 163/2006 e s.m.i.

L'opera in progetto non prevista nel progetto originario, ma complementare ed indispensabile per l'esecuzione dello stesso, prevede la realizzazione di una vasca di colmata per il contenimento del materiale dragato, nella zona a nord della ex darsena la Mattonara e caratterizzata da un'area di circa 147.000 mq.

Gli indirizzi progettuali forniti dall'Autorità Portuale e le modifiche rese necessarie al layout originario, per dare attuazione alle previsioni del Piano Strategico a medio e breve periodo per l'attuazione del Piano Regolatore Portuale, hanno determinato una riduzione della capacità di contenimento della vasca di colmata ricavata in zona "ex darsena Mattonara", recapito originario per lo stoccaggio dei materiali dragati; e la conseguente necessità di ampliare tale capacità prevedendo una nuova zona di sedimentazione dei dragaggi nell'ambito di un'opera già prevista nel vigente Piano Regolatore Progettuale e corredata delle necessarie autorizzazioni.

2. Riferimenti autorizzativi

Il progetto proposto come opera complementare nell'ambito dei lavori connessi con il I lotto delle opere strategiche è conforme alle previsioni progettuali già approvate all'interno delle aree previste per la costruzione della Darsena Energetica Grandi Masse e ricalca la vasca di colmata già approvata con VIA Regionale n°620 del 05/01/2009 recepita all'interno Piano Regolatore Portuale di Civitavecchia approvato con delibera della Giunta Regionale Lazio n°121 del 23/03/2012.

In termini di inquadramento procedimentale il presente intervento progettuale, previsto nel più ampio intervento denominato "Darsena Energetica Grandi Masse" ha acquisito la compatibilità ambientale con DEC/VIA n°6923 del 20/01/2002 del Ministero dell'Ambiente e sullo stesso successivamente si è espresso favorevolmente all'opera il C.S.LL.PP con parere n°45 del 12/5/2008.

3. Stato ante operam

La realizzazione dell'opera in progetto è finalizzata allo stoccaggio dell'eccedenza del materiale nell'ambito del progetto di ampliamento del porto.

La Vasca di Colmata Nord risulta, infatti, un'opera complementare all'appalto del 1° lotto Opere Strategiche per il porto di Civitavecchia e la sua realizzazione si rende necessaria per attuare le modifiche richieste al progetto in corso d'opera, congruenti con il del Piano Strategico a breve e medio. L'area di intervento è localizzata a nord del Porto di Civitavecchia, in quello parte di specchio acqueo esterno alla futura diga a gettata nord di separazione tra la Darsena Servizi e la Darsena Energetica Grandi Masse.

Le batimetrie dell'area sono comprese tra la -3 e la -10 sul l.m.m.

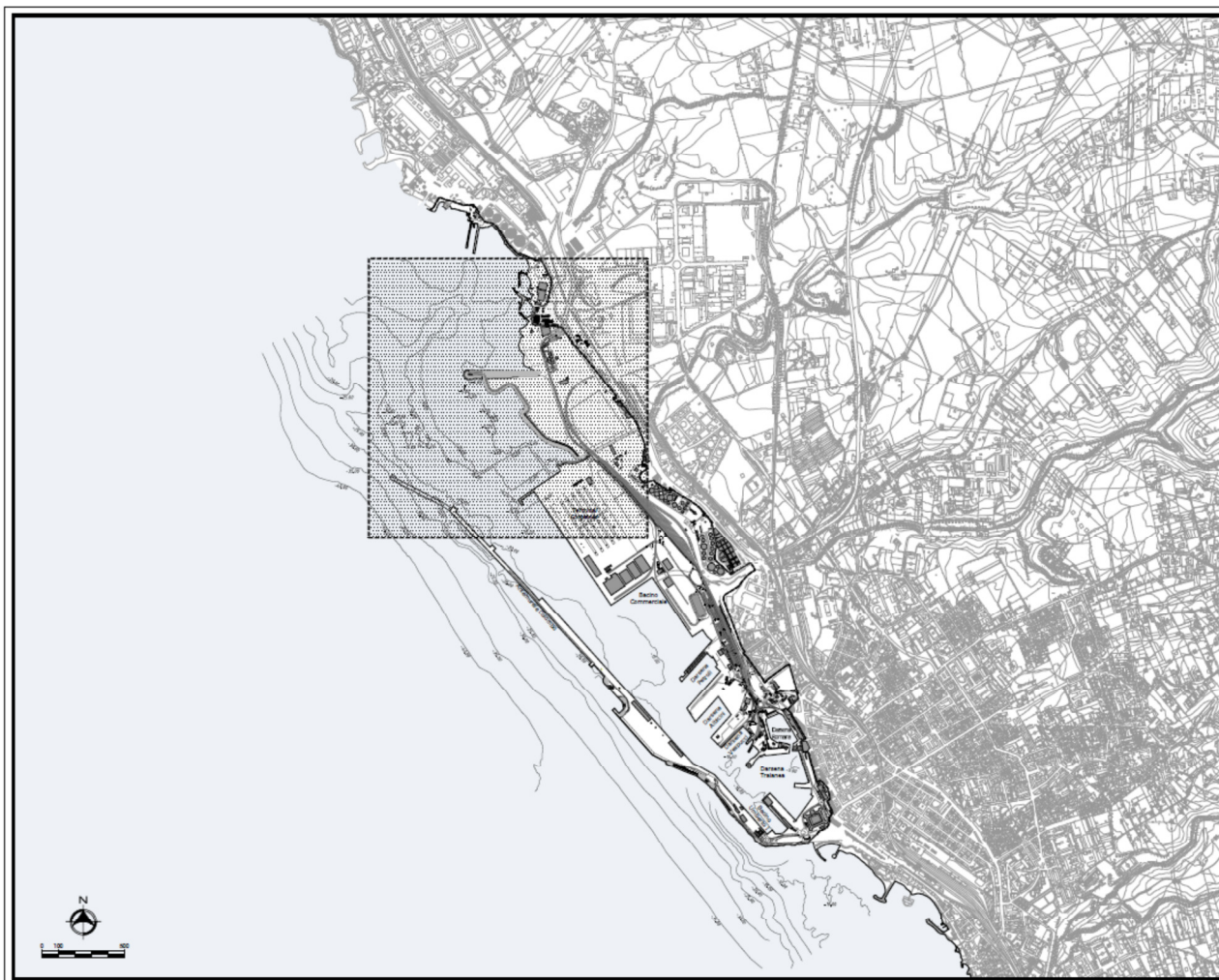


Figura 1 – Planimetria di inquadramento

4. Descrizione dell'intervento

La vasca di colmata nord prevista per lo stoccaggio del materiale dragato nell'ambito dei lavori del I lotto delle opere strategiche per il Porto di Civitavecchia prevede la realizzazione di una scogliera di perimetrazione realizzata secondo la tradizionale tipologia a gettata: il nucleo della scogliera è realizzato in tout venant di cava e viene protetto lato mare con una mantellata che verrà realizzata sia con massi naturali che con massi artificiali

Nella vasca di colmata si prevede il versamento di una miscela di acqua e sedimenti proveniente dal dragaggio che sarà caratterizzato da un tempistica ridotta in relazione alle peculiarità della draga ad alta potenzialità, così come previste nel progetto relativo alle opere del I lotto delle Opere Strategiche. Le ottime caratteristiche geologiche/geotecniche del materiale costituente il fondale da dragare per consentire la realizzazione delle Darsene Servizi e Traghetti, hanno reso necessario prevedere l'utilizzo di una draga di notevole potenza, e, di conseguenza, caratterizzata da elevata produttività. In questo modo la tempistica delle operazioni di dragaggio risulterà notevolmente ridotta, motivo per cui, come illustrato in Figura 2, la realizzazione della Vasca di Colmata Nord è stata frazionata in due stralci. Il completamento dell'intera vasca di colmata avrebbe portato, infatti, tempi di attesa troppo lunghi, mentre, con la parzializzazione, la vasca oggetto del primo stralcio è in grado di fornire in tempi brevi la capacità necessaria per lo stoccaggio del materiale dragato, una volta esaurita la capacità di contenimento della Vasca di Colmata Sud.

La vasca in progetto occupa un'area di circa 147.000 mq e verrà realizzata a nord della vasca ex darsena La Mattonara, essendo separata da quest'ultima dalla scogliera denominata "diga a gettata Nord".

L'impronta della vasca ricade all'interno del futuro terrapieno della Darsena Energetica Grandi masse previste dal Piano Regolatore Portuale.

La vasca è delimitata da opere a gettata per uno sviluppo complessivo di 1600 m di cui circa 350 m costituiti dalla scogliera esistente di delimitazione della Vasca di Colmata ex darsena La Mattonara , 550 metri di scogliera sul lato foraneo, 300 m sul lato nord e 400 m sul lato lungo la costa.

Tale scogliera è imbasata su fondali variabili da -2,5 a -10 m sul l.m.m.

La tipologia di mantellata prevede, in corrispondenza dei tratti ricadenti sulle profondità minori e quindi sottoposti agli stati di mare di minore intensità, un doppio strato di massi naturali, mentre, al crescere della profondità di imbasamento della scogliera ed al proporzionale incremento dell'intensità del moto ondoso si prevede un doppio strato di massi Antifer sulle sezioni centrali e di massi Tetrapodi in corrispondenza della testata.

I massi naturali ed artificiali costituenti la mantellata vengono disposti sopra un idoneo strato filtro in massi naturali per evitare l'asportazione del materiale fino del nucleo. La mantellata viene inoltre protetta al piede con una berma di scogli di opportuna pezzatura.

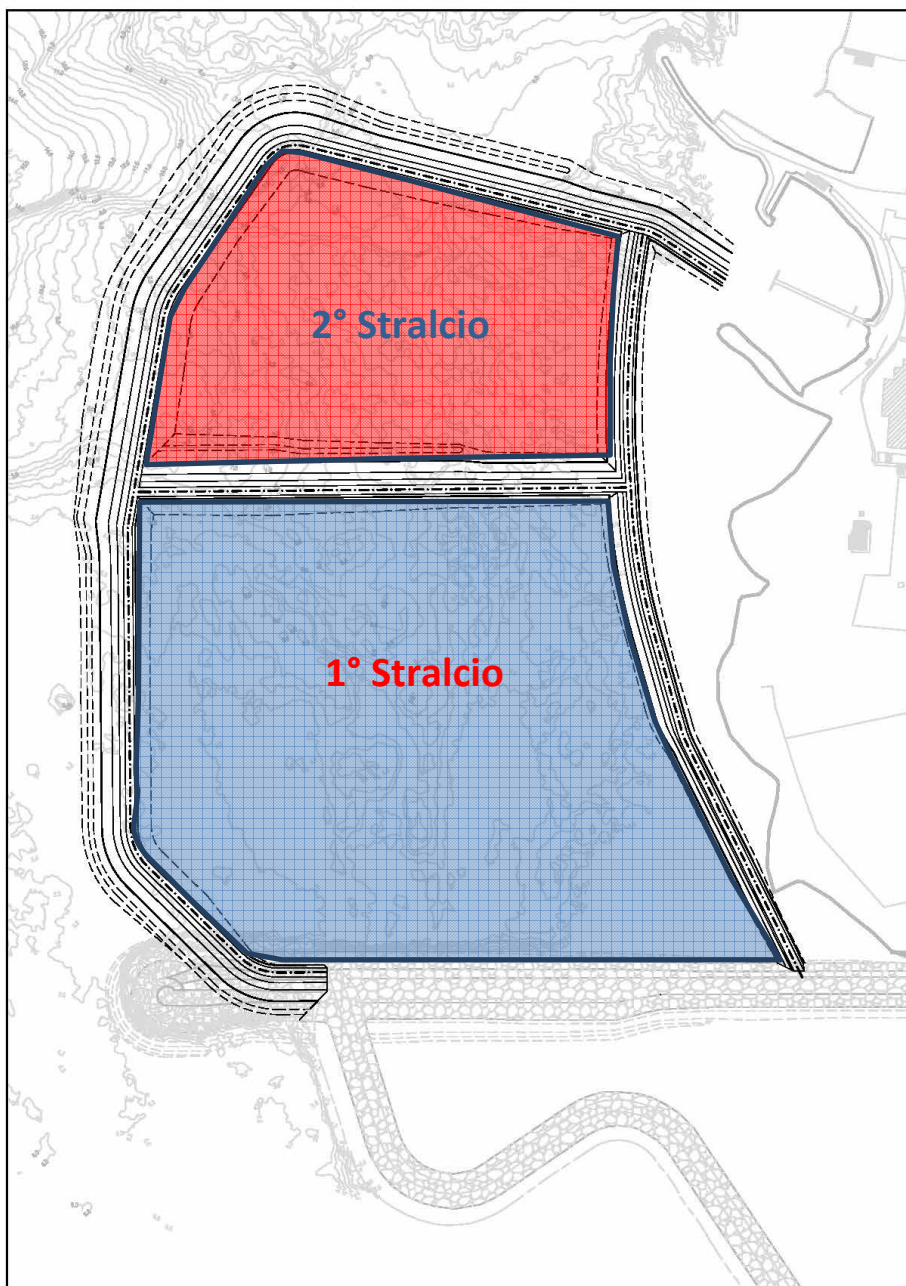


Figura 2 – Planimetria individuazioni stralci funzionali (fasi)

Dall'esame delle sezioni tipo riportate negli elaborati grafici di progetto si richiamano i parametri caratteristici sia geometrici che fisici .

La figura N. 3, di seguito riportata, è indicativa delle sezioni tipo:

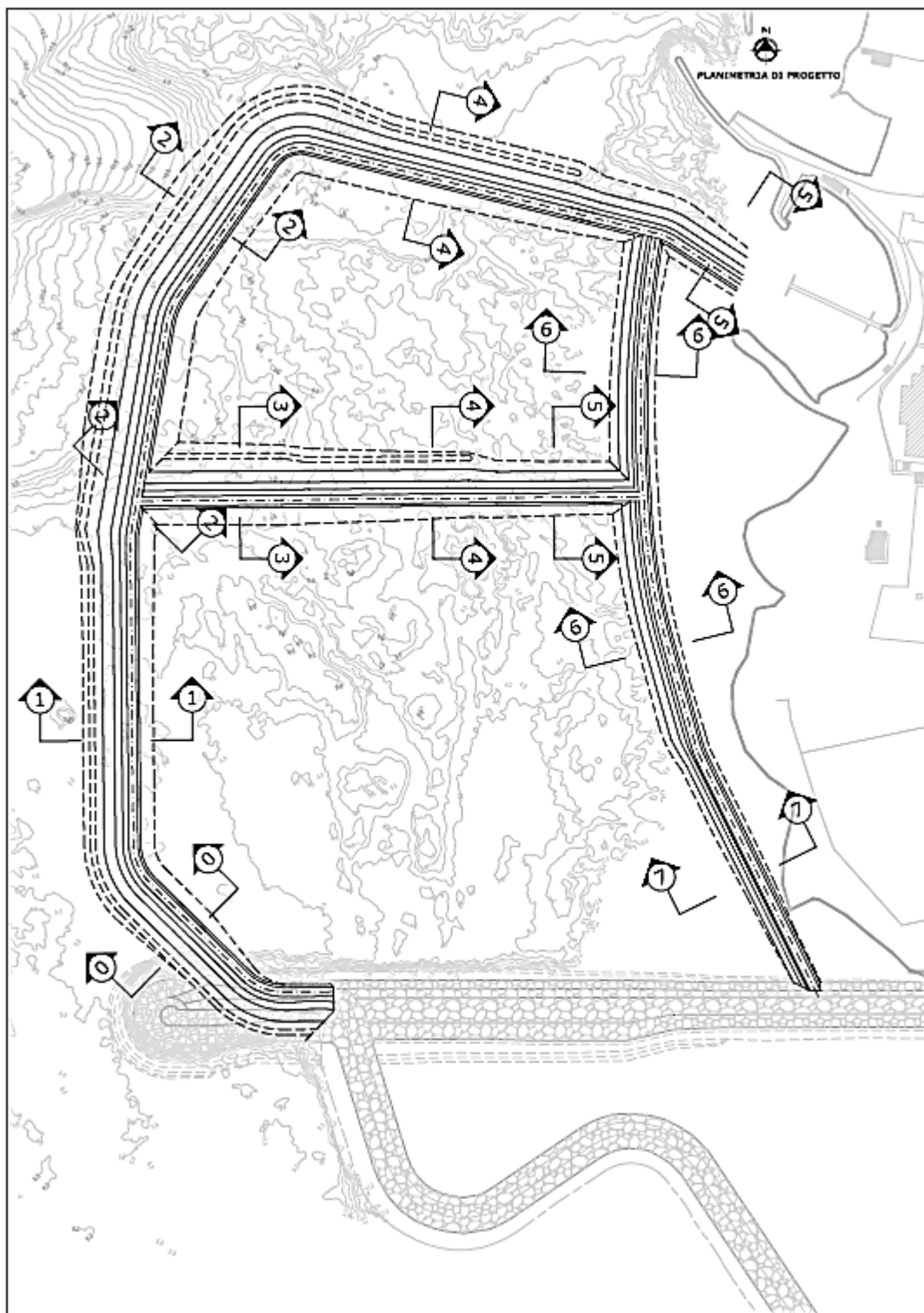


Figura 3 – Planimetria di progetto con indicazione sezioni tipo

La sezione 1 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in massi artificiali tipo Antifer da 4 tonnellate posti su uno strato filtro di massi di prima categoria (da 0.5 a 1 tonnellata). Tali strati hanno spessori complessivi pari a 2.65 m e 1.4 m ed hanno una pendenza pari a 2/3.

Al piede della mantellata è prevista una berma di protezione di massi naturali di II categoria (1-3 t).

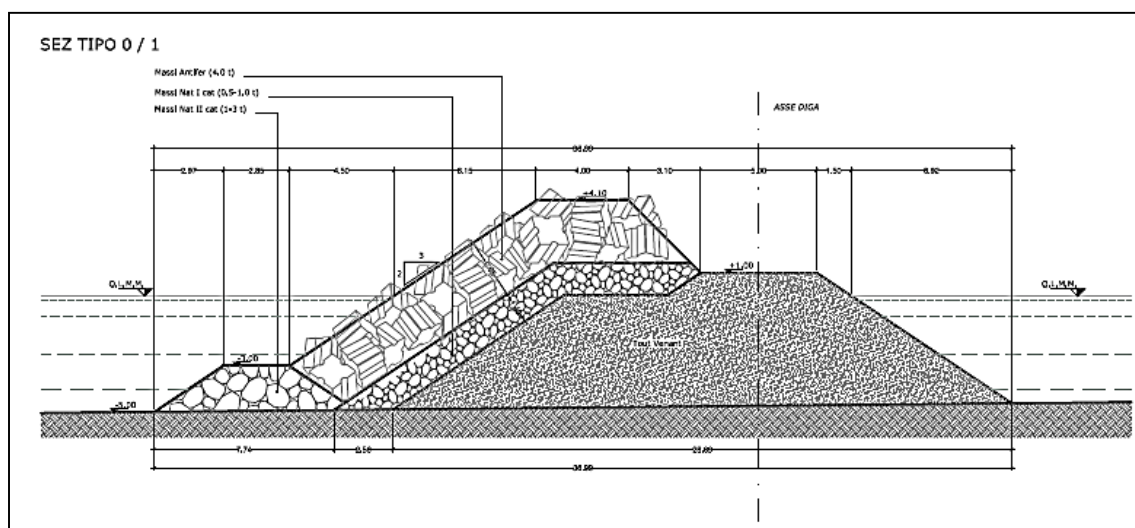


Figura 4 –sezioni tipo 1

La sezione 2 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in massi artificiali tipo Tetrapodi da 6.7 mc (16 tonnellate) posti su uno strato filtro di massi di seconda categoria (da 1 a 3 tonnellata). Tali strati hanno spessori complessivi pari a 3.8 m e 1.9 m ed hanno una pendenza pari a 2/3.

Al piede della mantellata è prevista una berma di protezione di massi naturali di III categoria (3-7 t).

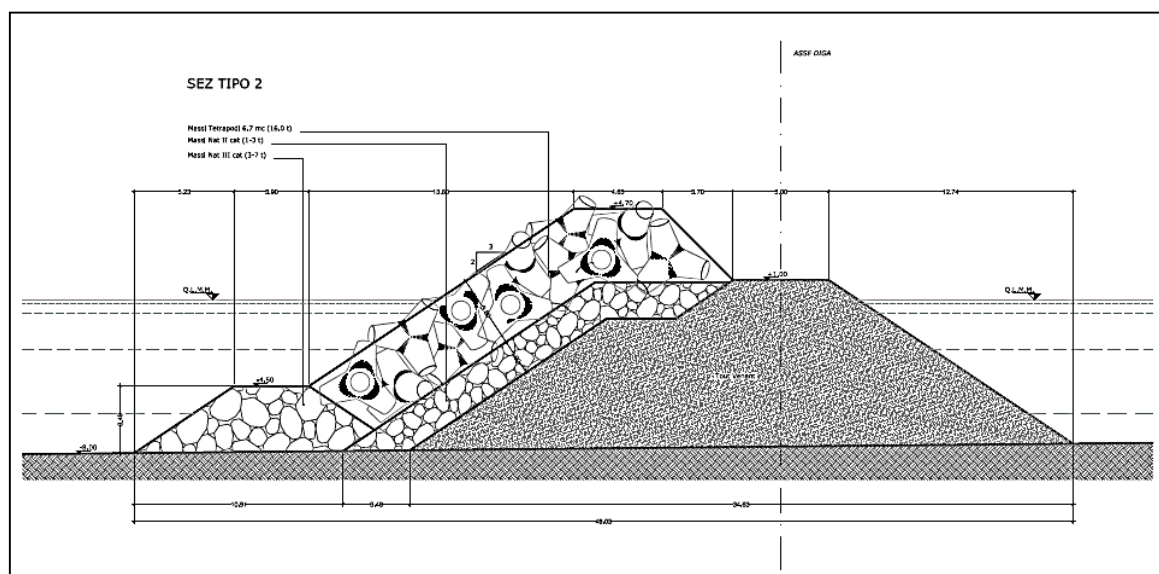


Figura 5 –sezioni tipo 2

La sezione 3 è costituita da nucleo in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in massi artificiali tipo Antifer da 4 tonnellate posti su uno strato filtro di massi di prima categoria (da 0.5 a 1 t). Tali strati hanno spessori complessivi pari a 2.65 m e 1.4 m ed hanno una pendenza pari a 2/3. Al piede della mantellata è prevista una berma di protezione di massi naturali di II categoria (1-3 t).

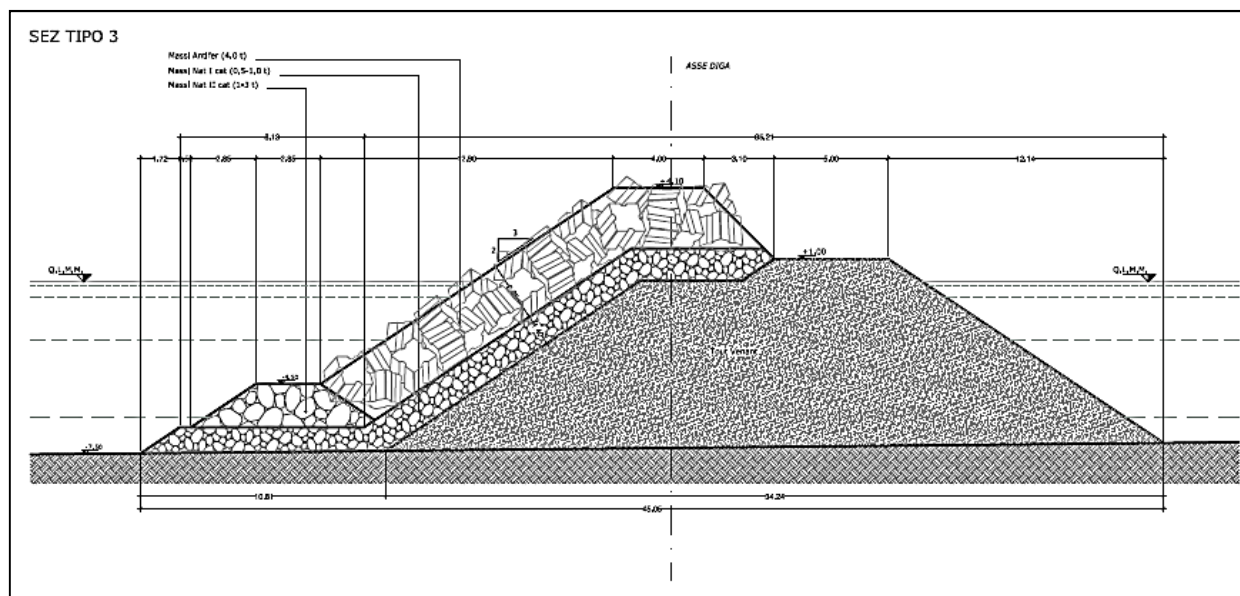


Figura 6 –sezioni tipo 3

La sezione 4 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato mare da una mantellata in massi naturali di III categoria (3-7 t) posti su uno strato filtro di massi di prima categoria (da 0.5 a 1 t). Tali strati hanno spessori complessivi pari a 2.60 m e 1.4 m ed hanno una pendenza pari a 2/3. Al piede della mantellata è prevista una berma di protezione di massi naturali di II categoria (1-3 t).

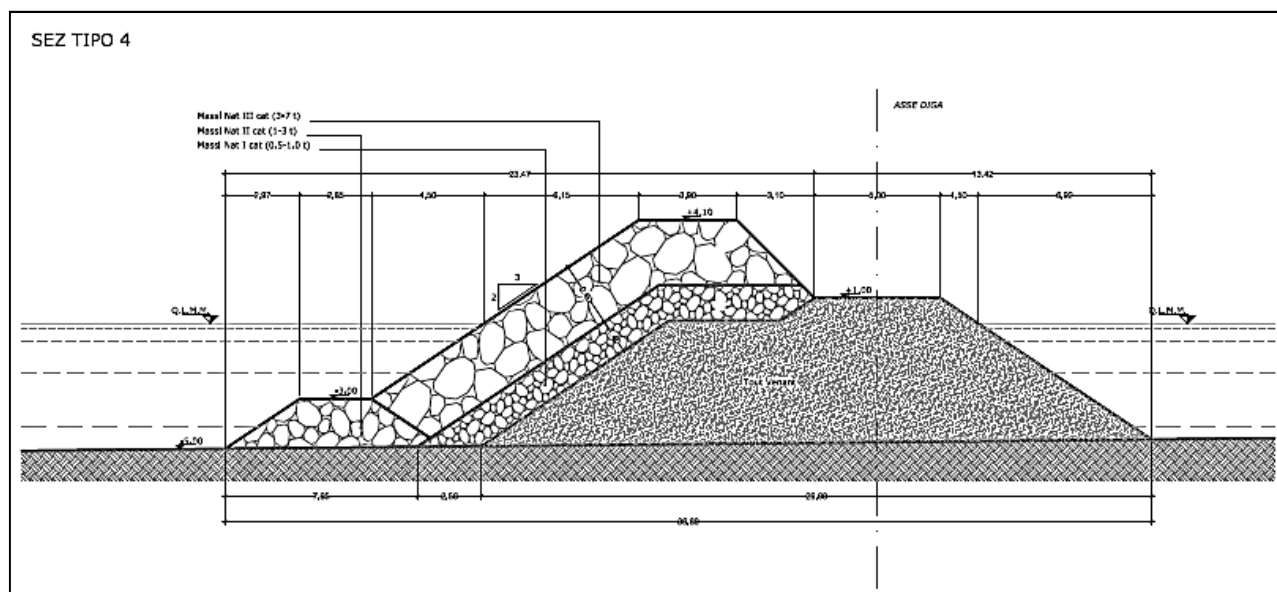


Figura 7 –sezioni tipo 4

La sezione 5 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato esterno da una mantellata in massi naturali di III categoria (3-7 t) posti su uno strato filtro di massi di prima categoria (da 0.5 a 1 tonnellata). Tali strati hanno spessori complessivi pari a 2.60 m e 1.4 m ed hanno una pendenza pari a 2/3. Tale sezione, non esposta al moto ondoso incidente, non presenta berma al piede della mantellata.

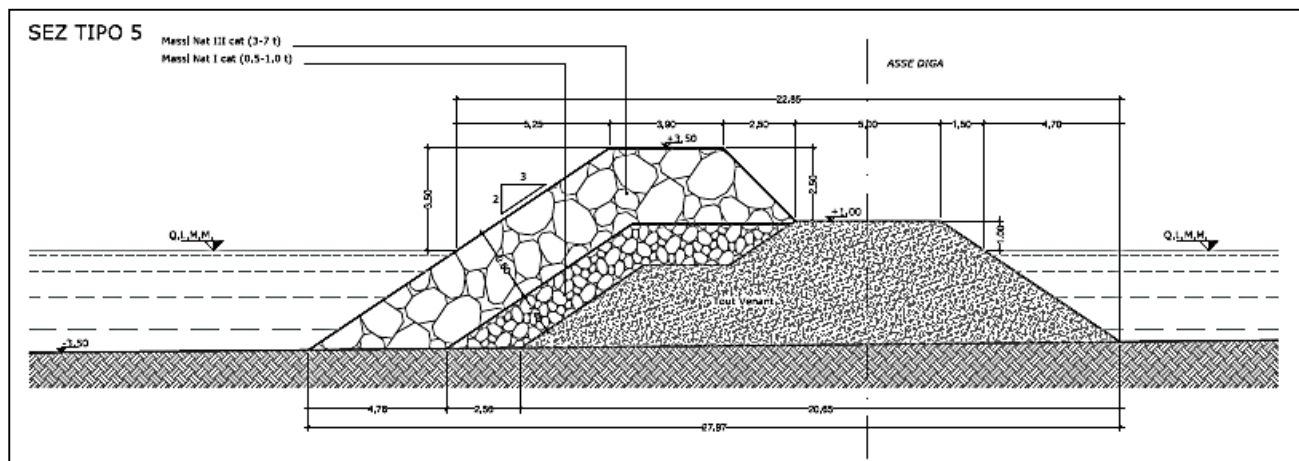


Figura 8 –sezioni tipo 5

La sezione 6 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato esterno da una mantellata in massi naturali di II categoria (1-3 t) posti su uno strato filtro di massi da 200 kg. Tali strati hanno spessori complessivi pari a 1.90 m e 0.90 m ed hanno una pendenza pari a 2/3. Tale sezione non esposta al moto ondoso incidente non presenta berma al piede della mantellata.

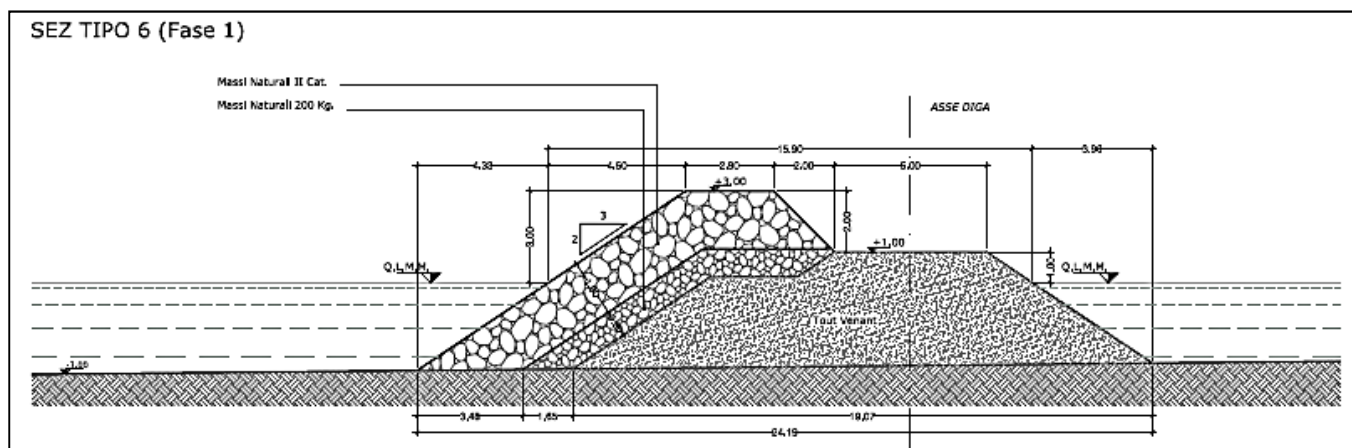


Figura 9 –sezioni tipo 6

La sezione 7 è costituita da un nucleo in tout-venant protetto lato esterno da una mantellata in massi naturali di I categoria (0.5-1 t) di spessore pari a 1,4 m ed hanno una pendenza pari a 2/3. Tale sezione non esposta al moto ondoso incidente non presenta berma al piede della mantellata.

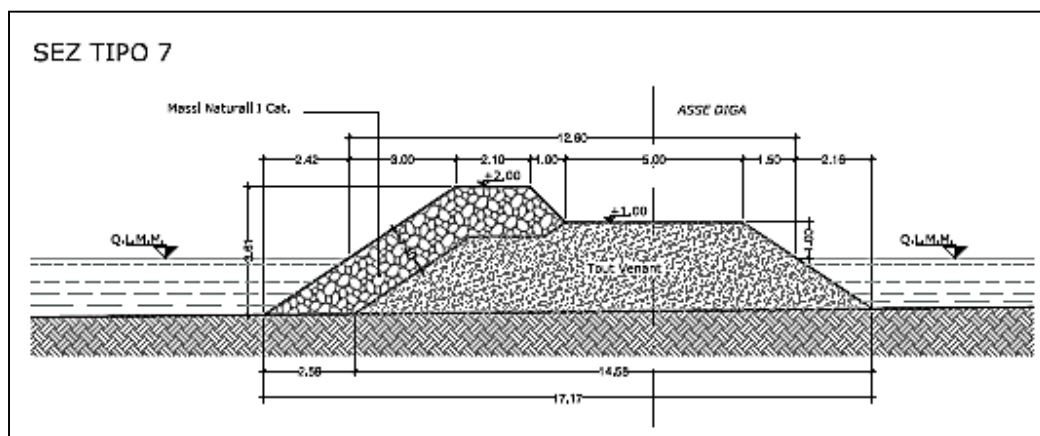
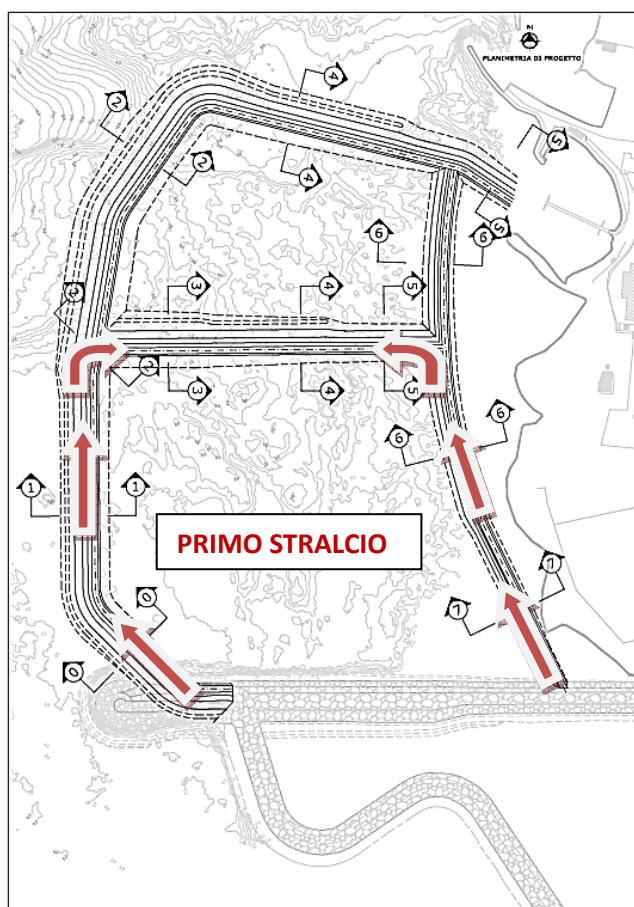


Figura 10 –sezioni tipo 7

5. Fasi di realizzazione

Le opere a gettata nell'ambito della prima fase saranno realizzate secondo una modalità che consente di ridurre ulteriormente i tempi di attesa; infatti, si avanzerà parallelamente su due fronti, il fronte lungo la linea di riva ed il fronte lato mare, proseguendo poi lungo il tratto centrale per completare e chiudere la prima vasca. Successivamente, si procederà al completamento della Vasca di Colmata Nord attraverso la realizzazione delle opere a gettata oggetto del secondo stralcio.



Tale individuazione di fasi funzionali, si rende necessaria al fine di garantire nel minor tempo possibile nuove capienze per gli ulteriori materiali di dragaggio presenti nell'opera principale consentendo il proseguimento del dragaggio senza interruzioni.

6. Aspetti geologici geotecnici

Le opere in progetto si inseriscono in un quadro geologico ed ambientale nell'insieme ben studiato e supportato da dati e studi precedentemente svolti sulla base di un'estesa campagna di indagini stratigrafiche e geotecniche fatta eseguire direttamente dall'Autorità Portuale e ben richiamata negli elaborati progettuali del Progetto esecutivo del I lotto delle Opere Strategiche.

Dal punto di vista geologico, per quanto riguarda la zona delle nuove darsene, nella zona più prossima alla costa prevalgono termini sabbiosi e limo sabbiosi, mentre, più a largo, affiora con continuità, la formazione calcarenitica della "Panchina" sovrapposti a termini limo-argillosi molto consistenti di colore grigio.

Nella zona più direttamente interessata dalla realizzazione dell'opera in progetto, sono presenti, pertanto depositi sedimentari, di natura per lo più sabbiosa e calcarenitica, impostati su termini argilloso-limosi o limo-sabbiosi.

Per gli aspetti più specifici si rimanda all'elaborato relazione geotecnica, presente nel progetto.

7. Stima economica dell'intervento

La stima del costo delle opere è stata effettuata utilizzando il prezzario vigente della Regione Lazio.

L'importo totale dei lavori in progetto è pari a Euro 10.816.628,54 comprensivo degli oneri di sicurezza ordinari.

Nella tabella di seguito riportata è riportato il riepilogo delle somme soggette a ribasso e degli oneri di sicurezza.

| <i>Importi a corpo</i> | | <i>Importi in Euro</i> |
|------------------------|--|------------------------|
| Num. | | TOTALE |
| a) | Importo esecuzione lavori al netto degli oneri della sicurezza compresi nei prezzi | 10.702.729,44 |
| b1) | Oneri per attuazione piani di sicurezza compresi nei prezzi | 113.899,10 |
| b2) | Oneri per attuazione piani di sicurezza aggiuntivi | 87.500,00 |
| b)=b1+b2 | Oneri per attuazione piani di sicurezza | 201.399,10 |
| a) + b) | IMPORTO TOTALE | 10.904.128,54 |

Ai sensi dell'articolo 3 del d.P.R. n. 34 del 2000 e in conformità all'allegato «A» al predetto d.P.R., i lavori sono classificati nella categoria prevalente di opere generali «OG 7» - (Opere marittime) classifica VII.

8. Tempi di esecuzione dei lavori

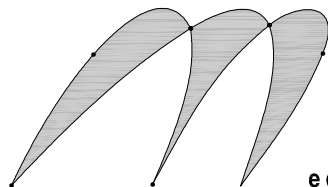
La realizzazione della vasca avverrà in due stralci, come indicato nel cronoprogramma di progetto.

Il tempo utile per dare compiuti i lavori, è stabilito in giorni 120 (in lettere centoventi) naturali e consecutivi.

La prima fase, necessaria per ottenere la parzializzazione della vasca e consentire la prosecuzione delle opere di dragaggio senza ritardi, prevede un tempo utile di 9 settimane lavorative.

Il Progettista

Dott Ing. Franco Portoghesi



PORTI
di ROMA
e del LAZIO

AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA

Molo Vespucci 00053 - CIVITAVECCHIA (RM)
Tel. 0766 366201
email: civitavecchia@portidiroma.it

PROGETTO:

OPERE STRATEGICHE PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA 1° LOTTO FUNZIONALE:

OPERE COMPLEMENTARI: VASCA DI COLMATA NORD

COMMITTENTE:

Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta

IL PRESIDENTE

Dott. Pasqualino Monti

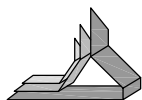
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Maurizio Ievolella

IL COORDINATORE GENERALE

Dott. Ing. Giuseppe Solinas

PROGETTAZIONE : UFFICIO DIREZIONE LAVORI



Rogedil Servizi s.r.l.

Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA
Tel. 06 82002948 Fax 06 82097772
email: servizi@rogedil.com

ROGEDIL Servizi S.r.l.
Il Presidente

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Dott. Ing. Franco PORTOGHESI



REALIZZAZIONE DELLE OPERE:

R.T.I.

Grandi Lavori Fincosit S.p.A
(Mandataria)

Impresa Pietro Cidonio S.p.A.
Coopsette Soc. Coop.
Itinera S.p.A.
(Mandanti)

PROGETTO ESECUTIVO

| N° progetto | Commessa | N° progr. | N° elaborato | Rev | Cap | Tip |
|-------------|----------|-----------|--------------|-----|-----|-----|
| 01812 | CIV VSC | E 012 | 003 0 | 0 | S | R |

ELABORATI DESCRITTIVI

OGGETTO:

**RELAZIONE DI CALCOLO
IDRAULICO**

| | | | | | |
|-------|------|-------------------------------|----------|-------------|------------|
| Scala | Plot | File 01812CIVVSC01200300SR | Redatto | Controllato | Approvato |
| | Dim | Tipo PDF | NUNZIATI | GUERRA | PORTOGHESI |

| DATA | REV | DESCRIZIONE | CODICE |
|-------------------|-----|---------------------------------|--------|
| E OTTOBRE 2012 | 0 | Emissione per Approvazione Enti | 18/12 |
| | | | |

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Premessa..... | 2 |
| 2 | Descrizione delle opere di progetto..... | 3 |
| 3 | Calcolo del Tempo di Ritorno per le onde di progetto | 3 |
| 4 | Caratteristiche del moto ondoso in acqua profonda | 7 |
| 5 | Caratteristiche del moto ondoso a ridosso dell'opera | 12 |
| 6 | Verifiche idraulico-marittime | 15 |
| 6.1 | Dimensionamento della Mantellata..... | 19 |
| 6.2 | Dimensionamento della Berma al Piede..... | 23 |
| 6.3 | Dimensionamento degli Strati Filtro..... | 24 |

1 Premessa

Oggetto del presente elaborato è la relazione di calcolo idraulico marittimo delle opere a gettata previste nell'ambito del progetto esecutivo delle opere complementari relative alla Vasca di Colmata Nord all'interno del porto di Civitavecchia.

Più in dettaglio, tali opere costituiscono la perimetrazione di aree marine destinate alla formazione di nuovi terrapieni portuali mediante il riempimento con materiale proveniente da dragaggi.

Al fine di rendere disponibile in tempi brevi la nuova vasca, la stessa è stata suddivisa in due stralci funzionali, come da figura sottostante. Il primo stralcio funzionale deve essere reso fruibile contestualmente al raggiungimento della massima capienza recepimento dei materiali di dragaggio nella vasca Sud, denominata Mattonara.

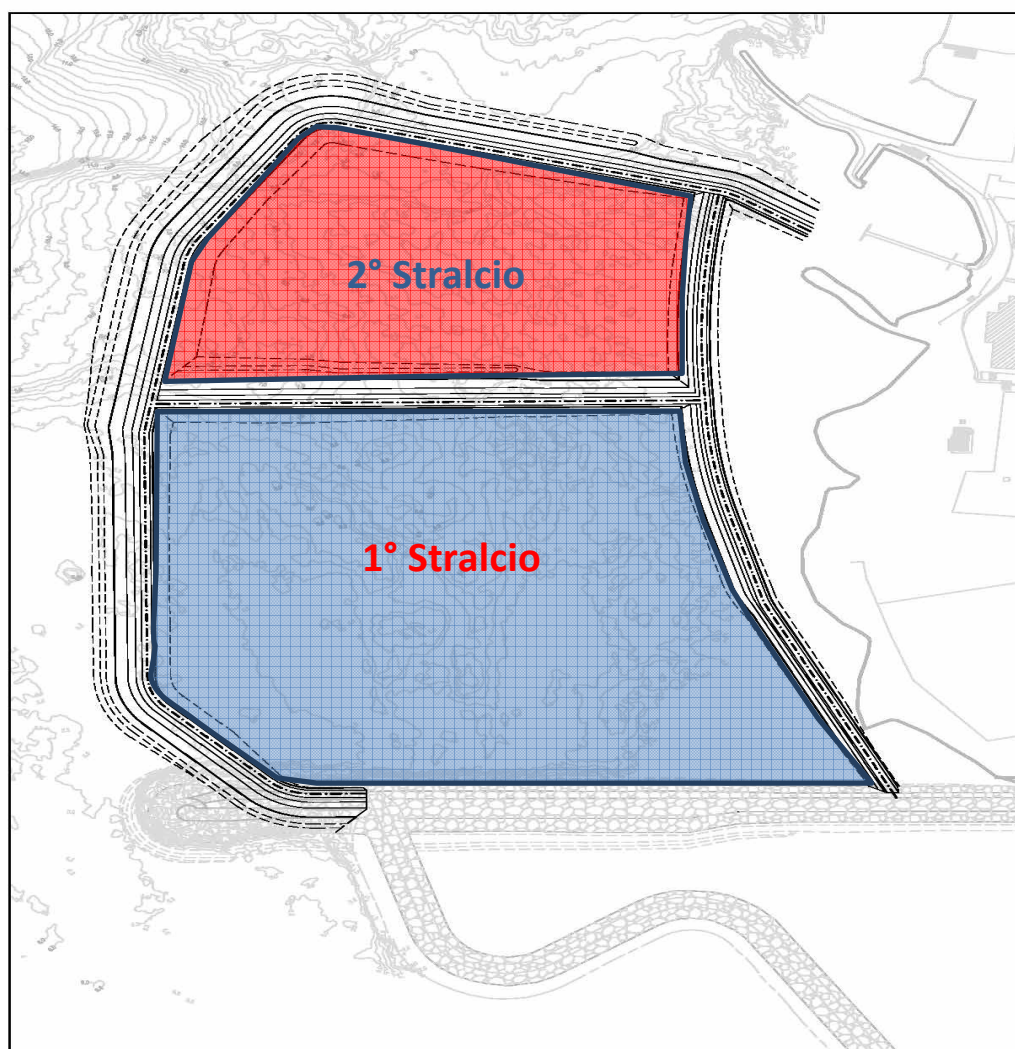


Figura 1 – Planimetria di progetto

2 Descrizione delle opere di progetto

La scogliera di perimetrazione della vasca è realizzata secondo la tradizionale tipologia a gettata con nucleo della scogliera realizzato in tout venant di cava e protetto lato mare con una mantellata, realizzata sia con massi naturali che con massi artificiali. In corrispondenza dei tratti ricadenti sulle profondità minori e quindi sottoposti agli stati di mare di minore intensità, si predispone un doppio strato di massi naturali, mentre, al crescere della profondità di imbasamento della scogliera ed al proporzionale incremento dell'intensità del moto ondoso si prevede un doppio strato di massi Antifer e di massi Tetrapodi in corrispondenza della testata. I massi naturali ed artificiali costituenti la mantellata sono disposti sopra un idoneo strato filtro in massi naturali per evitare l'asportazione del materiale fino del nucleo. La mantellata è inoltre protetta al piede con una berma di scogli di opportuna pezzatura. Nei paragrafi che seguono si procede al calcolo dell'onda di progetto ed al conseguente dimensionamento dei vari elementi costituenti l'opera.

3 Calcolo del Tempo di Ritorno per le onde di progetto

Per poter ricavare il tempo di ritorno, sulla base del quale stimare il valore dell'onda di progetto, è necessario effettuare delle considerazioni preliminari circa la durata della vita presunta dell'opera ed il livello di rischio o probabilità di superamento dell'onda di progetto, tenuto conto dei danni che tali onde possono arrecare all'opera e della possibilità di ripristinare la normale funzionalità con operazioni di manutenzione.

La combinazione del tempo di vita dell'opera T_v e della probabilità di danneggiamento P_b , infatti, determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto T_p :

$$T_p = \left[\frac{T_v}{-\ln(1 - P_f)} \right] \quad (1)$$

Nelle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti editate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996) si consigliano i valori riportati nella seguente **Tabella I**.

| Tipo dell'opera | Livello di sicurezza richiesto | | |
|---------------------------------|--------------------------------|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 |
| | Vita di progetto (anni) | | |
| Infrastrutture di uso generale | 25 | 50 | 100 |
| Infrastrutture ad uso specifico | 15 | 25 | 50 |

Tabella I

Per infrastrutture di uso generale si intendono le opere di difesa di complessi civili o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per le quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera. Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole

installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Il livello di sicurezza 1 si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.).

Il livello di sicurezza 2 si riferisce ad opere e installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso dell'opera (opere di grandi porti, scarichi a mare di grandi città, ecc.).

Il livello di sicurezza 3 si riferisce ad opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali, ecc.).

Per quanto riguarda la probabilità di occorrenza dell'onda di progetto, si devono assumere le probabilità corrispondenti al danneggiamento incipiente od alla distruzione totale in relazione alle deformazioni-modificazioni subite dall'opera in caso di danneggiamento ed alla difficoltà di riparare il danno subito.

Per strutture flessibili o comunque per opere riparabili (ad es. dighe a gettata), come la scogliera in esame, si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione. Per queste opere si deve comunque verificare anche lo scenario di rovina totale, cioè del superamento di un livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale l'opera cessa di svolgere un'apprezzabile funzione protettiva.

Per rischio limitato per la vita umana si intendono i casi in cui a seguito del danneggiamento non è prevista alcuna perdita di vite umane. Quando queste perdite sono preventivabili, il rischio è elevato.

Per ripercussione economica bassa, media ed alta si intendono casi in cui il rapporto fra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti dovuti alla perdita di funzionalità delle opere protette ed al costo totale per la realizzazione dell'opera è rispettivamente minore di 5, compreso fra 5 e 20 oppure maggiore di 20.

Seguendo la procedura appena descritta, è stato calcolato il tempo di ritorno per l'onda di progetto in due diverse ipotesi, impiegando i valori evidenziati in giallo nelle tabelle seguenti:

- Tabella II: ipotizzando la vita di progetto minima secondo i valori tabulati nelle istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ovvero $T_v=15$ anni, si ottiene un tempo di ritorno $T_{rp}=22$ anni
- Tabella III: considerando una vita di progetto dell'opera di 10 anni anziché 15, dato il carattere di provvisorietà che riveste l'opera, si ricava un tempo di ritorno $T_{rp}=14$ anni.

I dimensionamenti verranno effettuati considerando, quindi, un $T_{rp}=15$ anni.

| Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo T_v | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------|------|-------------------------|---------------------------|---------|--|
| Tipo dell'opera | Vita di progetto (anni) | | | | | | |
| | Livello di sicurezza richiesto | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Infrastrutture di uso generale | 25 | 50 | 100 | | | | |
| Infrastrutture ad uso specifico | 15 | 25 | 50 | | | | |
| Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera P_f | | | | | | | |
| Danneggiamento incipiente | | | | Distruzione totale | | | |
| Ripercussione economica | Rischio per la vita umana | | | Ripercussione economica | Rischio per la vita umana | | |
| | Limitato | Elevato | | | Limitato | Elevato | |
| Bassa | 0.50 | 0.30 | | Bassa | 0.20 | 0.15 | |
| Media | 0.30 | 0.20 | | Media | 0.15 | 0.10 | |
| Alta | 0.25 | 0.15 | | Alta | 0.10 | 0.05 | |
| Calcolo del tempo di ritorno di progetto | | | | | | | |
| Tempo di Vita dell'opera (anni): | | $T_v =$ | 15 | | | | |
| Probabilità di danneggiamento : | | $P_f =$ | 0.50 | | | | |
| Tempo di Ritorno (anni) : | | $T_R =$ | 22 | | | | |

Tabella II

| Durata minima di vita per opere o strutture di carattere definitivo T_v | | | | | | | |
|--|--------------------------------|---------|----------------------------|---------------------------|---------|--|--|
| Tipo dell'opera | Vita di progetto (anni) | | | | | | |
| | Livello di sicurezza richiesto | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Infrastrutture di uso generale | 25 | 50 | 100 | | | | |
| Infrastrutture ad uso specifico | 10 | 25 | 50 | | | | |
| Massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera P_f | | | | | | | |
| Danneggiamento incipiente | | | Distruzione totale | | | | |
| Ripercussione economica | Rischio per la vita umana | | Ripercussione economica | Rischio per la vita umana | | | |
| | Limitato | Elevato | | Limitato | Elevato | | |
| Bassa | 0.50 | 0.30 | Bassa | 0.20 | 0.15 | | |
| Media | 0.30 | 0.20 | Media | 0.15 | 0.10 | | |
| Alta | 0.25 | 0.15 | Alta | 0.10 | 0.05 | | |
| Calcolo del tempo di ritorno di progetto | | | | | | | |
| Tempo di Vita dell'opera (anni): | | | | $T_v =$ | 10 | | |
| Probabilità di danneggiamento : | | | | $P_f =$ | 0.50 | | |
| Tempo di Ritorno (anni) : | | | | $T_R =$ | 14 | | |

Tabella III

4 Caratteristiche del moto ondoso in acqua profonda

Per la determinazione dell'onda di progetto si è fatto riferimento all'analisi statistica delle altezze d'onda maggiori, relative alla serie storica di riferimento riportata nello Studio Meteomarino allegato al progetto esecutivo. Da tale Studio Meteomarino si estrapola quanto segue.

| DIR (°N) | Hs (m) | <.25 | .25÷0.5 | 0.5÷1.0 | 1.0÷1.5 | 1.5÷2.0 | 2.0÷2.5 | 2.5÷3.0 | 3.0÷3.5 | 3.5÷4.0 | 4.0÷4.5 | 4.5÷5.0 | TOT. |
|-------------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 10 | 0.114 | 0.114 | 0.032 | | | | | | | | | | 0.260 |
| 20 | 0.130 | 0.244 | 0.049 | | | | | | | | | | 0.422 |
| 30 | 0.081 | 0.195 | 0.114 | | | | | | | | | | 0.390 |
| 40 | 0.016 | 0.049 | 0.016 | | | | | | | | | | 0.081 |
| 50 | | 0.016 | | | | | | | | | | | 0.016 |
| 60 | 0.032 | | | | | | | | | | | | 0.032 |
| 70 | | 0.016 | | | | | | | | | | | 0.016 |
| 80 | 0.032 | | | | | | | | | | | | 0.032 |
| 90 | 0.016 | | | | | | | | | | | | 0.016 |
| 100 | 0.016 | | | | | | | | | | | | 0.016 |
| 110 | | | | | | | | | | | | | 0.000 |
| 120 | 0.032 | | | | | | | | | | | | 0.032 |
| 130 | 0.016 | | | | | | | | | | | | 0.016 |
| 140 | 0.065 | | | | | | | | | | | | 0.065 |
| 150 | 0.032 | 0.065 | 0.049 | | | | | | | | | | 0.146 |
| 160 | 0.569 | 0.731 | 0.439 | 0.097 | 0.049 | | | | | | | | 1.885 |
| 170 | 1.625 | 2.535 | 2.031 | 0.894 | 0.179 | 0.016 | | | | | | | 7.280 |
| 180 | 1.462 | 2.437 | 3.412 | 1.966 | 1.056 | 0.195 | | | | | | | 10.530 |
| 190 | 2.454 | 3.461 | 4.062 | 2.990 | 1.527 | 0.536 | 0.162 | 0.016 | 0.016 | | | | 15.226 |
| 200 | 2.974 | 2.892 | 2.307 | 1.836 | 0.747 | 0.227 | 0.195 | 0.065 | | | | | 11.245 |
| 210 | 2.194 | 1.917 | 1.560 | 0.536 | 0.195 | 0.049 | 0.032 | 0.016 | | | | | 6.500 |
| 220 | 2.210 | 1.430 | 1.219 | 0.780 | 0.536 | 0.146 | 0.097 | 0.032 | | | | | 6.451 |
| 230 | 2.291 | 2.389 | 3.299 | 1.934 | 1.202 | 0.536 | 0.227 | 0.049 | 0.016 | | 0.016 | | 11.960 |
| 240 | 0.975 | 2.112 | 3.754 | 2.535 | 1.235 | 0.715 | 0.357 | 0.162 | 0.065 | 0.016 | 0.016 | | 11.943 |
| 250 | 0.731 | 1.105 | 1.007 | 0.796 | 0.406 | 0.211 | 0.244 | 0.016 | | | | | 4.517 |
| 260 | 0.325 | 0.439 | 0.390 | 0.211 | 0.146 | 0.081 | | | | 0.016 | | | 1.609 |
| 270 | 0.244 | 0.374 | 0.130 | | | | | | | | | | 0.747 |
| 280 | 0.374 | 0.520 | 0.374 | 0.032 | 0.016 | | | | | | | | 1.316 |
| 290 | 0.520 | 0.764 | 0.227 | 0.032 | 0.032 | | | | | | | | 1.576 |
| 300 | 0.325 | 0.634 | 0.309 | | | | | | | | | | 1.267 |
| 310 | 0.114 | 0.536 | 0.406 | | | | | | | | | | 1.056 |
| 320 | 0.130 | 0.634 | 0.439 | | | | | | | | | | 1.202 |
| 330 | 0.309 | 0.666 | 0.244 | | | | | | | | | | 1.219 |
| 340 | 0.065 | 0.195 | 0.130 | | | | | | | | | | 0.390 |
| 350 | 0.097 | 0.130 | 0.065 | | | | | | | | | | 0.292 |
| 360 | 0.065 | 0.179 | | | | | | | | | | | 0.244 |
| TOT. | 20.64 | 26.78 | 26.06 | 14.64 | 7.33 | 2.71 | 1.32 | 0.36 | 0.10 | 0.03 | 0.03 | | 100 |
| Tot. cum | 20.64 | 47.42 | 73.48 | 88.12 | 95.45 | 98.16 | 99.48 | 99.84 | 99.94 | 99.97 | 100 | | |

Tabella IV – Distribuzione percentuale autunnale per classi di Hs e direzione di provenienza degli eventi di moto ondoso rilevati a Torre Valdaliga

Nel caso di serie di dati relativi a misure di altezza d'onda, è più affidabile l'analisi statistica di serie tronche ottenute selezionando, per i diversi settori direzionali di caratteristiche omogenee, tutte le

altezze d'onda significative, registrate al picco di mareggiate indipendenti, superiori ad una soglia prefissata. Infatti, il metodo delle serie tronche è da preferire sia al metodo dei massimi annuali (dati in numero limitato e per alcune “annate” ben poco estremi), sia a quello dell’analisi di tutta la serie di eventi di moto ondoso (sicuramente non indipendenti e poco omogenei). La scelta della soglia di troncamento deve essere effettuata al fine di garantire una selezione di un numero di eventi estremi comparabile con il numero di anni di osservazione e deve essere tale da separare le mareggiate ordinarie da quelle estreme.

Nel caso in esame, per la determinazione dell’onda di progetto, sono state analizzate le mareggiate più intense registrate dall’ondametro di Torre Valdaliga. La selezione delle mareggiate dalla serie di dati ondametrici è stata effettuata con i seguenti criteri:

1. l'altezza significativa trioraria di colmo deve essere maggiore di 3 m;
2. la durata (intesa come il periodo di tempo in cui H_s è superiore ad 1 m durante la mareggiata) deve essere maggiore di 12 ore.

Successivamente, distinte le serie "tronche" di dati, queste sono state riferite alle usuali leggi di distribuzione probabilistica al fine di determinare il valore "di progetto" associato ad un prefissato tempo di ritorno, o la probabilità di non superamento durante la vita delle opere.

Le leggi di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) adottate sono:

- la distribuzione di Weibull:

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\left[\frac{x-B}{A}\right]^\alpha} \quad (2)$$

- la distribuzione di Gumbel (1988):

$$P(X \leq x) = e^{-e^{-(x-b)/a}} \quad (3)$$

dove X è la variabile aleatoria, x il valore di non superamento e α , A , B , a e b sono i parametri delle distribuzioni. Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell’evento dalla relazione:

$$T_r(X \leq x) = \frac{1}{1 - P(X \leq x)} \quad (4)$$

Nella Tabella V si può osservare come per un tempo di ritorno di 100 anni si ottiene un’onda significativa di circa 5.65 m per il settore A e di circa 4.90 m per il settore B.

Nel sopracitato Studio Meteomarino, inoltre, si riporta che le analisi statistiche sono state eseguite sulla base dei valori al colmo derivati da misure triorarie del moto ondoso. Tali valori, in realtà, non sempre

coincidono con il massimo valore dell'altezza d'onda effettivamente verificatosi. Pertanto, è stata eseguita un'ulteriore analisi statistica, qui tralasciata, tenendo conto delle misure orarie o semiorarie di moto ondoso. Infatti, quando il valore dell'altezza d'onda significativa, misurata secondo un intervallo temporale di tre ore, supera un determinato valore di soglia (solitamente pari a 2,0 m) gli ondometri generalmente eseguono misure di moto ondoso secondo un intervallo temporale di 30 o di 60 minuti. Tuttavia, si osserva che, per le mareggiate selezionate, il valore al colmo misurato su base trioraria è risultato uguale o di poco inferiore, circa del 5%, rispetto a quello misurato su base oraria o semioraria. Le maggiori differenze sono state rilevate solamente per le mareggiate verificatesi nel febbraio e nel dicembre 1999.



| | SETTORE A | | SETTORE B | |
|-------------------------------------|-----------|---------|-----------|---------|
| H_s al colmo massima rilevata (m) | 4.76 | | 3.38 | |
| Tempo di ritorno (anni) | Gumbel | Weibull | Gumbel | Weibull |
| 1 | 3.72 | 3.70 | 2.70 | 2.68 |
| 2 | 4.02 | 3.99 | 2.98 | 2.95 |
| 5 | 4.41 | 4.37 | 3.34 | 3.32 |
| 10 | 4.70 | 4.66 | 3.61 | 3.60 |
| 15 | 4.87 | 4.83 | 3.77 | 3.76 |
| 20 | 4.99 | 4.95 | 3.89 | 3.88 |
| 25 | 5.09 | 5.05 | 3.98 | 3.97 |
| 50 | 5.38 | 5.34 | 4.25 | 4.25 |
| 100 | 5.67 | 5.64 | 4.52 | 4.53 |
| 150 | 5.85 | 5.81 | 4.68 | 4.69 |
| 250 | 6.06 | 6.03 | 4.88 | 4.90 |
| 500 | 6.36 | 6.33 | 5.16 | 5.19 |
| Parametro A | 0.411 | 0.413 | 0.386 | 0.394 |
| Parametro B | 2.149 | 2.131 | 1.485 | 1.441 |
| Coefficiente di determinazione | 0.993 | 0.992 | 0.979 | 0.976 |

Tabella V – Analisi statistica degli eventi estremi

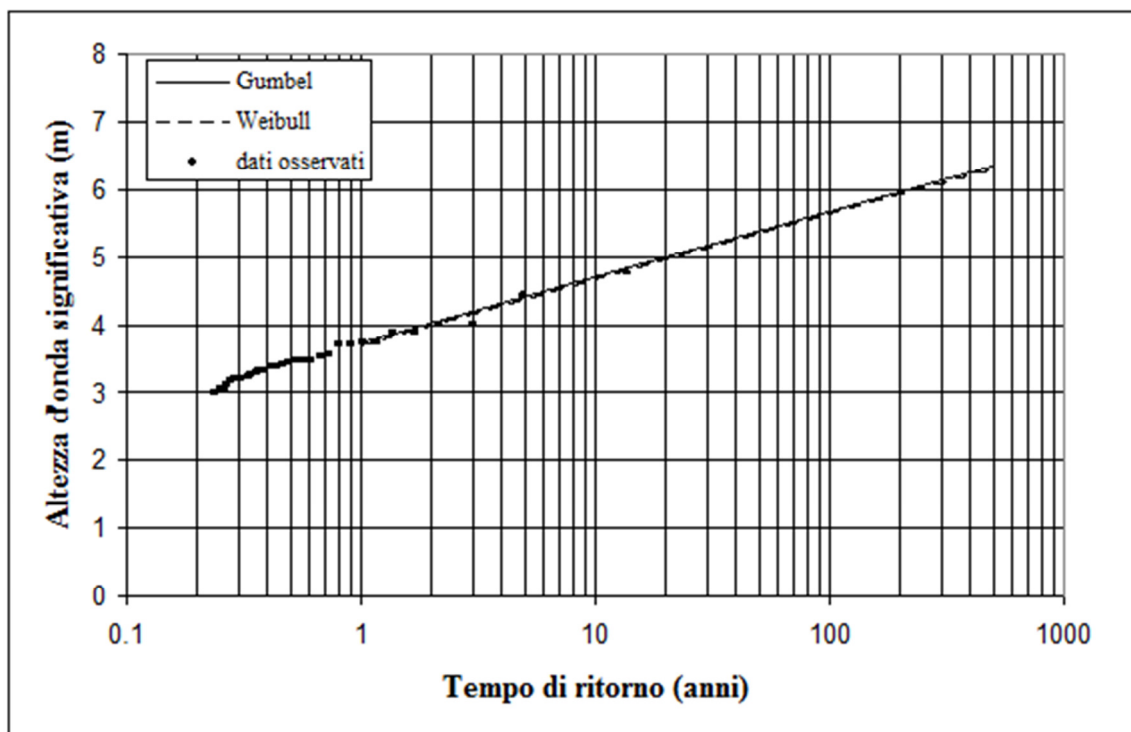


Figura 3 – Settore A: analisi statistica degli eventi estremi

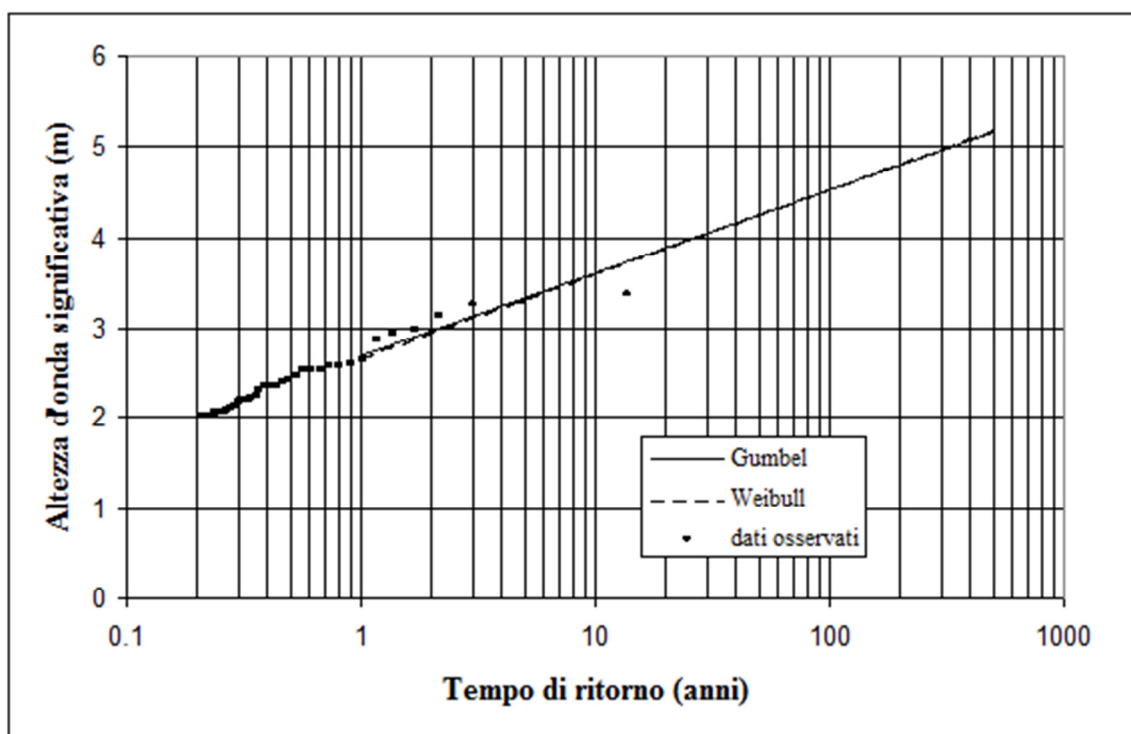


Figura 4 – Settore B: analisi statistica degli eventi estremi

Dunque, considerando i risultati dell'analisi statistica relativa al settore A, in quanto, come illustrato in Figura 2, l'opera in questione risulta maggiormente esposta alle mareggiate provenienti dal settore compreso tra i 315° ed i 215°, si riportano di seguito i parametri progettuali assunti:

| Onda di Progetto | | | | |
|------------------|---------|------|------------------------------|--|
| T_V | 10 | anni | Vita utile dell'opera | |
| T_R | 15 | anni | Tempo di ritorno | |
| H_{so} | 4.87 | m | Altezza d'onda significativa | |
| T_{so} | 9.16 | s | Periodo d'onda significativo | |
| T_p | 9.79 | s | Periodo d'onda di picco | |
| D_0 | 215-315 | °N | Direzione di provenienza | |

Tabella VI – Valori di progetto adottati nel dimensionamento

5 Caratteristiche del moto ondoso a ridosso dell'opera

Per procedere al dimensionamento di una diga a gettata, o di una qualsiasi opera marittima, generalmente è necessario valutare come l'onda di progetto si modifica propagandosi dal largo verso riva. Infatti, man mano che le onde si avvicinano alla costa, s'innescano diversi fenomeni, quali la rifrazione, la diffrazione, lo shoaling ed il frangimento, che ne modificano le caratteristiche (lunghezza, altezza, celerità di propagazione, etc...).

Come primo approccio alle verifiche, però, si procederà con l'individuazione della massima altezza d'onda compatibile con i fondali in cui ricade l'opera in questione; com'è ben noto, esistono due criteri generali di frangimento:

- in acque profonde, si definisce una pendenza critica oltre la quale non può sussistere l'onda, ovvero $H_0/L_0=1/7$;
- in acque basse, la massima altezza d'onda ammissibile, invece, è limitata dall'interazione con il fondale sul quale si propaga e si definisce "indice di frangimento" il rapporto fra l'altezza d'onda frangente ed il fondale di frangimento: $H_b/d_b=\gamma$.

In riferimento al secondo criterio esposto, nella **Tabella VII**, si riportano le relazioni di Kamphuis (1991) che permettono di calcolare il massimo valore di altezza d'onda compatibile con il fondale; applicando tali relazioni, sono stati ricavati i valori limite dell'altezza d'onda al variare della profondità. Dai risultati ottenuti, riportati sempre nella **Tabella VII**, si può facilmente osservare come, per la maggior parte delle profondità sulle quali si sviluppa l'opera in questione, la massima altezza d'onda ammissibile sia in ogni caso inferiore all'onda di progetto $H_{s0}=4.87$ m; di conseguenza, in tutte le sezioni tipo, tranne che per la sezione tipo 2, il dimensionamento può avvenire utilizzando direttamente l'altezza d'onda calcolata con la formula di Kamphuis. L'unica eccezione riguarda, appunto, le sezioni tipo 2, posizionate in prossimità delle batimetriche -8.0 m s.l.m. e -10 m s.l.m., per le quali la massima altezza d'onda ammissibile secondo Kamphuis risulta superiore all'onda di progetto.

A rigore, in questo caso, bisognerebbe valutare l'effetto prodotto dai fenomeni che intervengono sull'onda durante la sua propagazione verso riva, e determinare il valore dell'altezza d'onda a ridosso dell'opera; in realtà, è stato verificato che, se si andasse a considerare, in modo semplificato, solo l'effetto del fenomeno di shoaling, l'altezza d'onda H_{s0} risulterebbe lievemente ridotta e, di conseguenza, si ritiene conveniente dimensionare la sezione tipo 2 utilizzando il valore dell'altezza d'onda di progetto al largo.

| KAMPHUIS (1991) | | | | | | | |
|--|------------|-------|------|---|----------------|----------------|---|
| Significant Breaking Wave Height, H_{sb} | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | $H_{s0} =$ | 4.87 | m | Altezza d'onda significativa in acqua profonda | | | |
| | $T_{s0} =$ | 9.16 | s | Periodo d'onda significativo in acqua profonda | | | |
| | $T_{p0} =$ | 9.79 | s | Periodo d'onda di picco in acqua profonda | | | |
| | $L_0 =$ | 131.0 | m | Lunghezza d'onda in acqua profonda | | | |
| | $m =$ | | - | Pendenza media del Fondale | | | |
| | $s^+ =$ | 0.30 | m | Sovralzo del livello marino | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | $H_{sb} = 0.095 e^{4.0m} L_{pb} \tanh(2\pi d_b/L_{pb})$ | | | (1) |
| | | | | $H_{sb} = 0.56 e^{3.5m} d_b$ | | | (2) |
| | d | d_b | m | L_{pb} | $H_{sb}^{(1)}$ | $H_{sb}^{(2)}$ | Max [$H_{sb}^{(1)}; H_{sb}^{(2)}$] |
| | 10.5 | 10.8 | 0.03 | 93.1 | 6.21 | 6.72 | 6.72 |
| | 10.0 | 10.3 | 0.03 | 91.2 | 5.96 | 6.41 | 6.41 |
| | 9.5 | 9.8 | 0.03 | 89.3 | 5.72 | 6.10 | 6.10 |
| | 9.0 | 9.3 | 0.03 | 87.4 | 5.47 | 5.78 | 5.78 |
| | 8.5 | 8.8 | 0.03 | 85.3 | 5.21 | 5.47 | 5.47 |
| | 8.0 | 8.3 | 0.03 | 83.1 | 4.95 | 5.16 | 5.16 |
| | 7.5 | 7.8 | 0.03 | 80.9 | 4.69 | 4.85 | 4.85 |
| | 7.0 | 7.3 | 0.03 | 78.6 | 4.42 | 4.54 | 4.54 |
| | 6.5 | 6.8 | 0.03 | 76.1 | 4.15 | 4.23 | 4.23 |
| | 6.0 | 6.3 | 0.03 | 73.5 | 3.87 | 3.92 | 3.92 |
| | 5.5 | 5.8 | 0.01 | 70.8 | 3.32 | 3.36 | 3.36 |
| | 5.0 | 5.3 | 0.01 | 67.9 | 3.05 | 3.07 | 3.07 |
| | 4.5 | 4.8 | 0.01 | 64.9 | 2.78 | 2.78 | 2.78 |
| | 4.0 | 4.3 | 0.01 | 61.6 | 2.51 | 2.49 | 2.51 |
| | 3.5 | 3.8 | 0.01 | 58.2 | 2.24 | 2.20 | 2.24 |
| | 3.0 | 3.3 | 0.01 | 54.4 | 1.96 | 1.91 | 1.96 |
| | 2.5 | 2.8 | 0.01 | 50.3 | 1.67 | 1.62 | 1.67 |
| | 2.0 | 2.3 | 0.01 | 45.7 | 1.38 | 1.33 | 1.38 |

Tabella VII – Massime altezze d'onda secondo Kamphuis

6 Verifiche idraulico-marittime

Avendo preliminarmente individuato 7 sezioni tipo attraverso le quali poter rappresentare l'intero sviluppo della diga a getta che forma la vasca di colmata Nord, si procede ad illustrare il dimensionamento dell'opera. Nella Figura 5 si riporta la planimetria generale di progetto e l'ubicazione delle sezioni tipo utilizzate. Si allegano, inoltre, i layout delle varie sezioni di progetto, il cui dimensionamento viene affrontato nei successivi paragrafi.

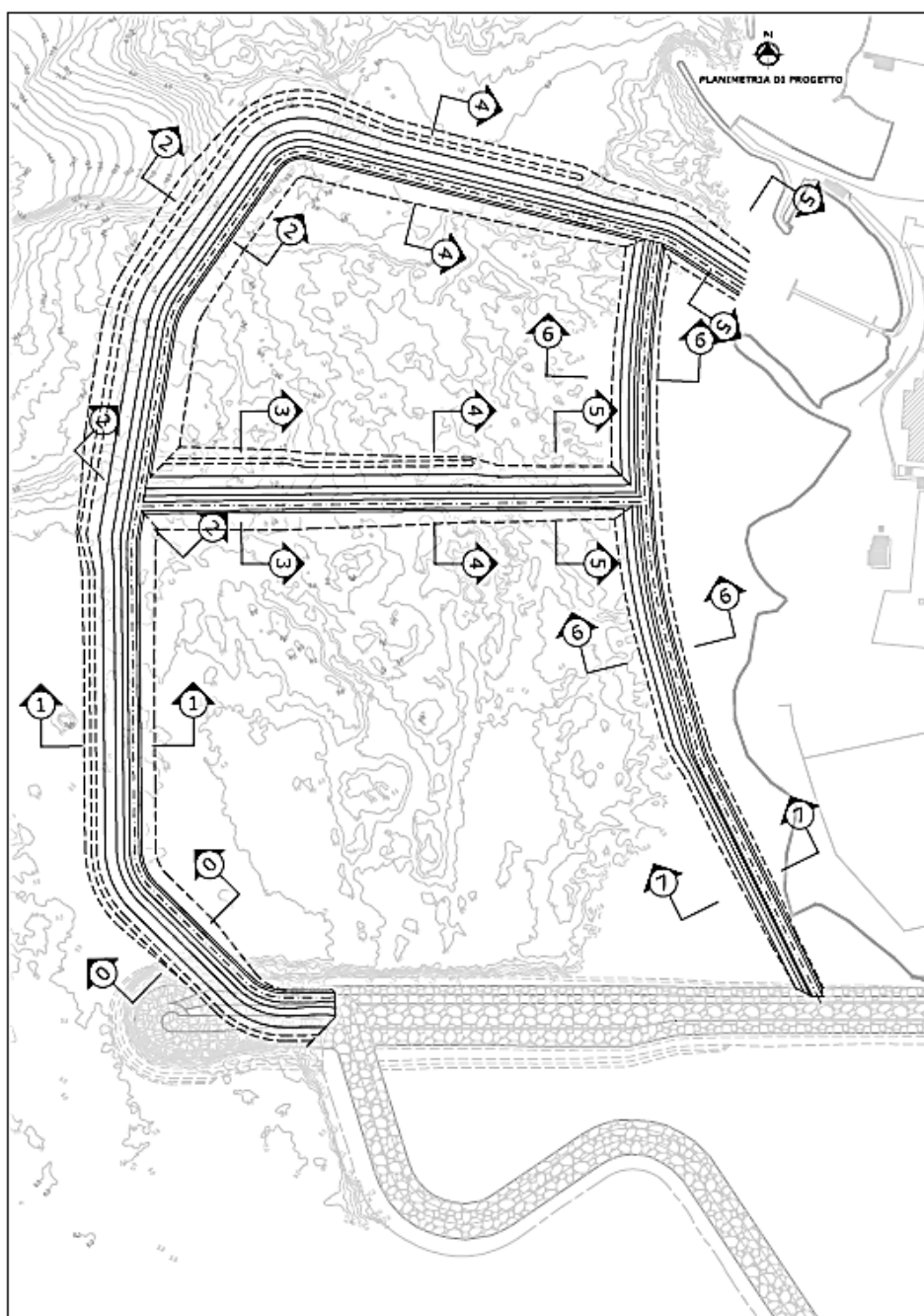


Figura 5 – Planimetria di progetto vasca di colmata Nord

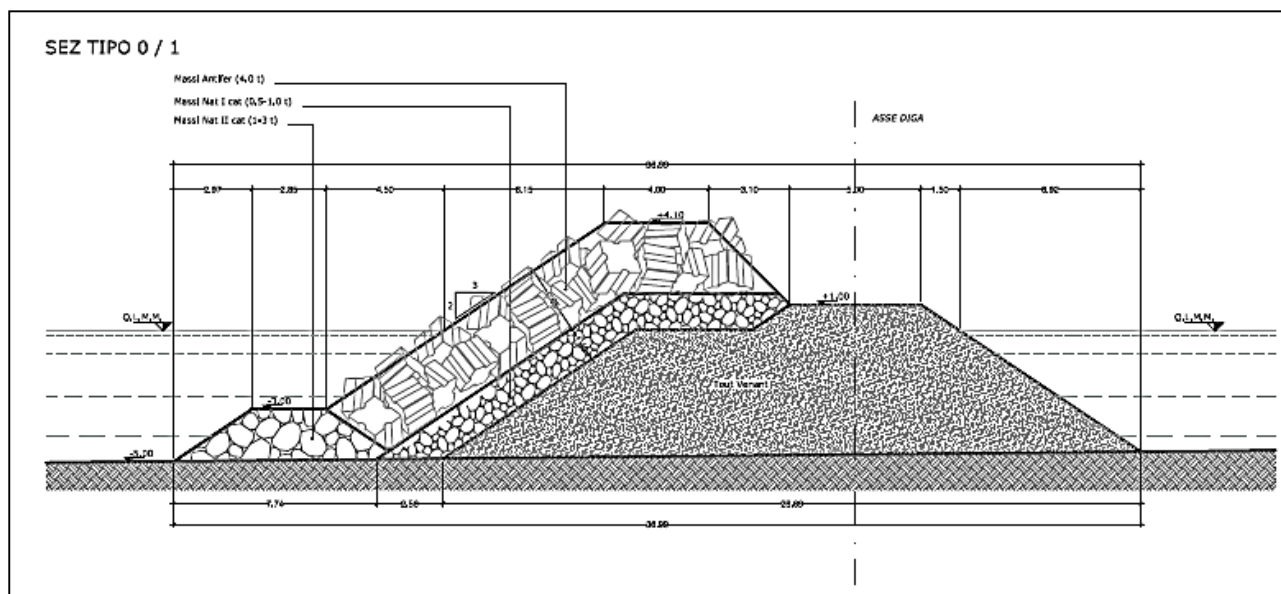


Figura 6 – Sezione tipo 0/1

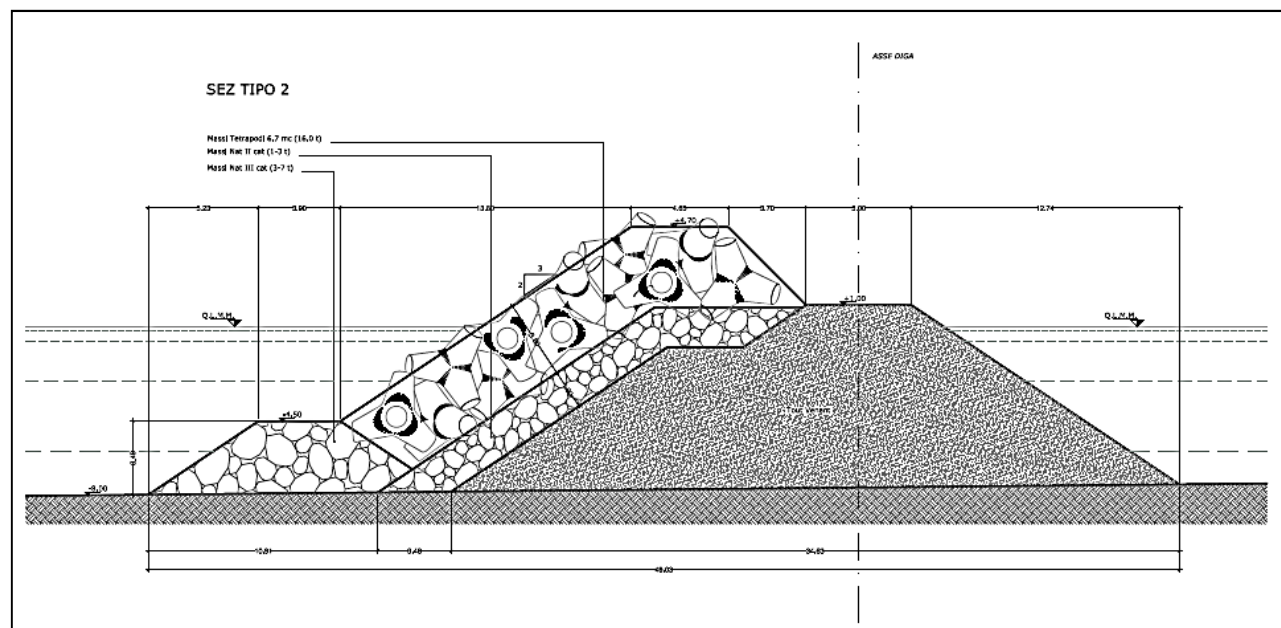


Figura 7 – Sezione tipo 2

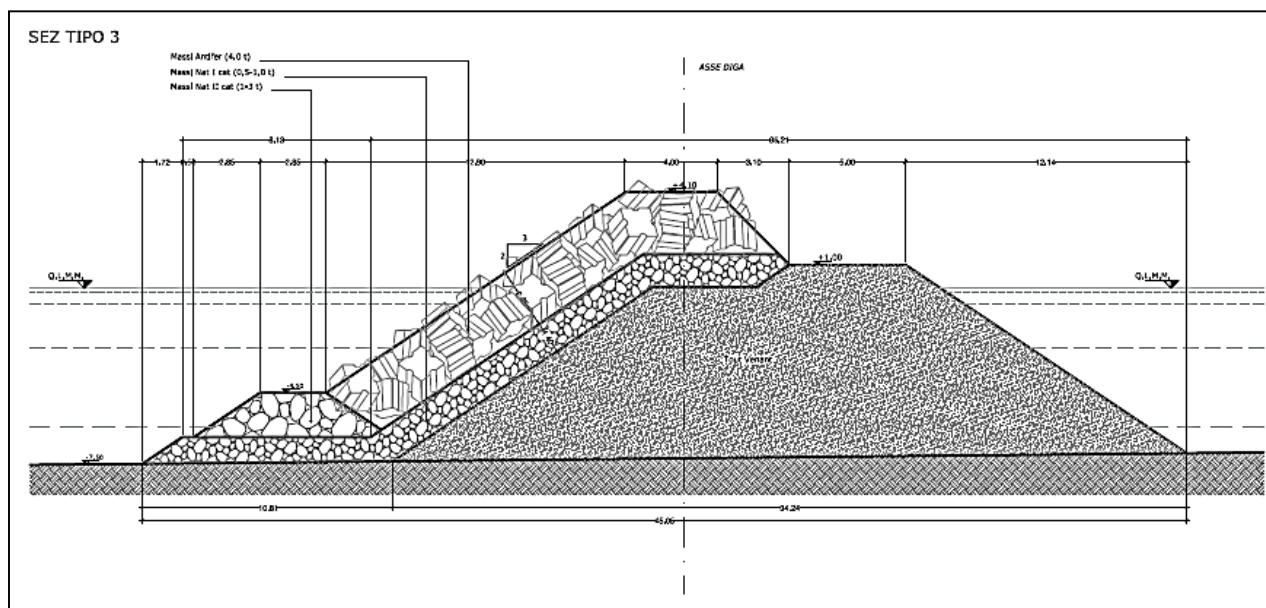


Figura 8 – Sezione tipo 3

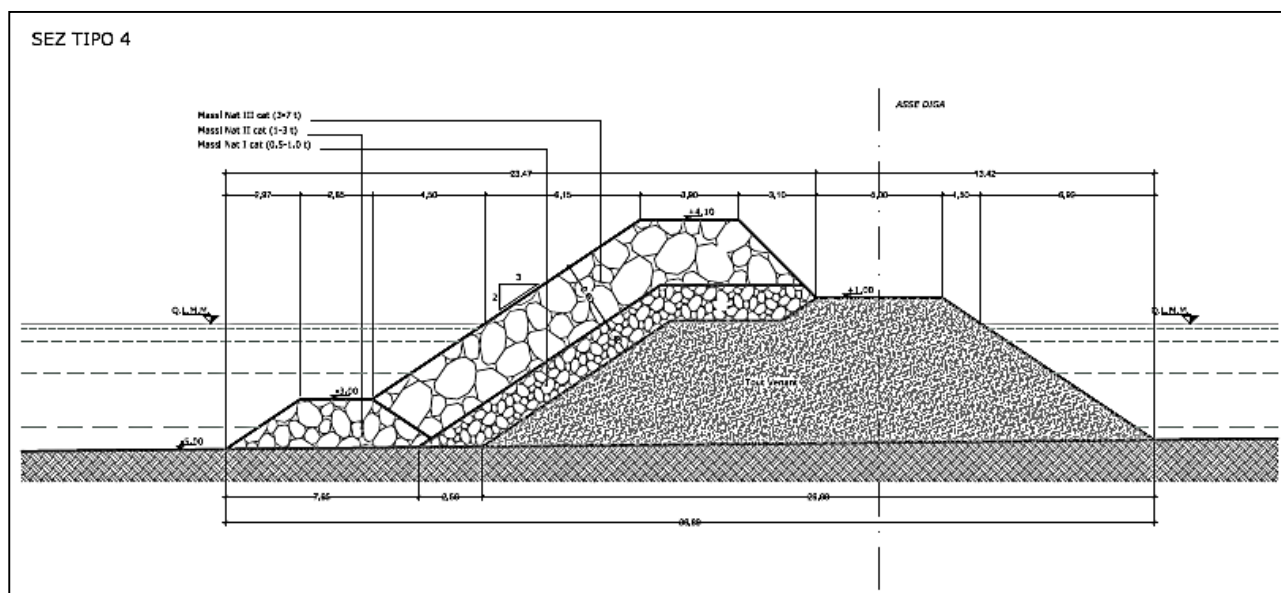


Figura 9 – Sezione tipo 4

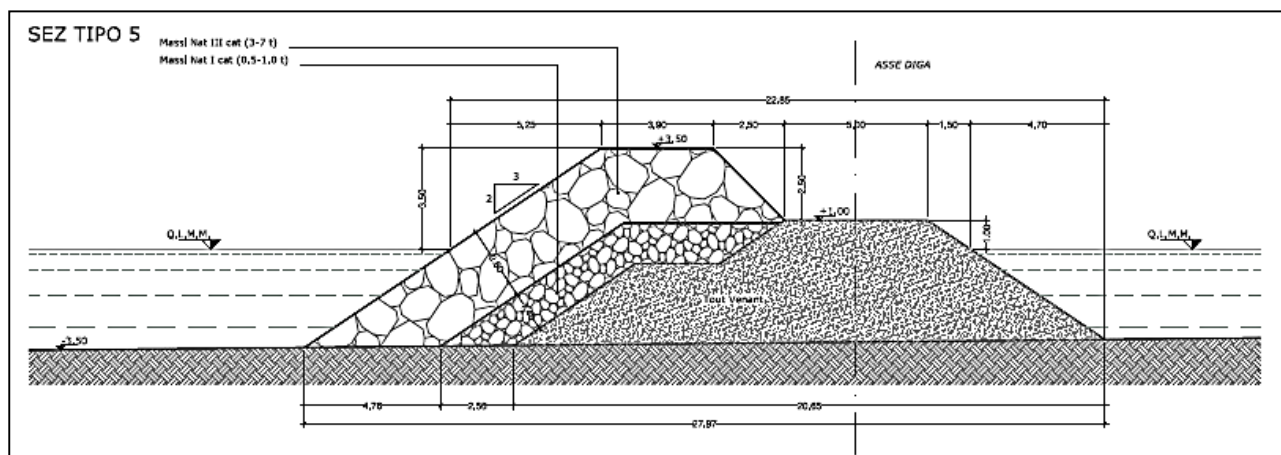


Figura 10 – Sezione tipo 5

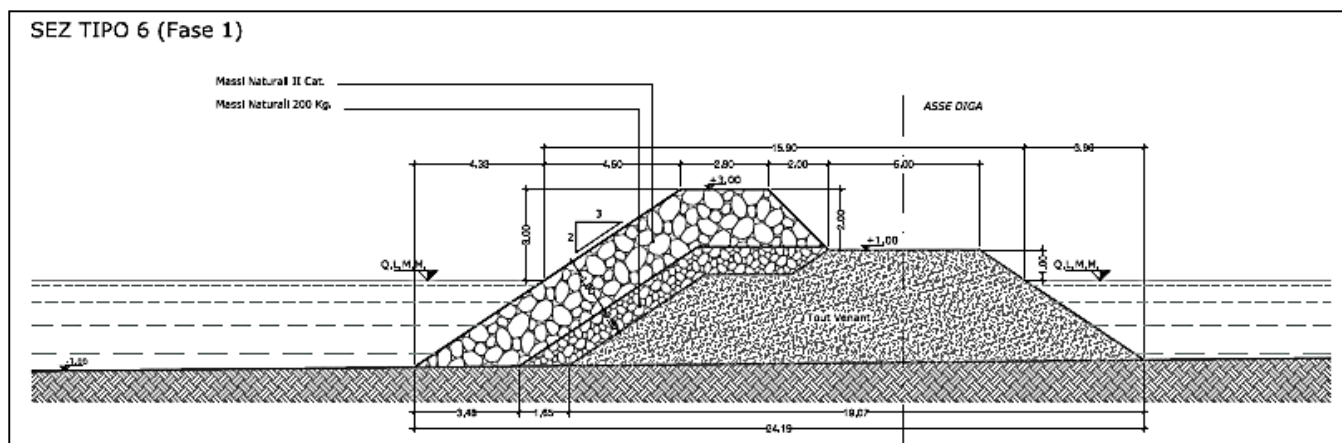


Figura 11 – Sezione tipo 6

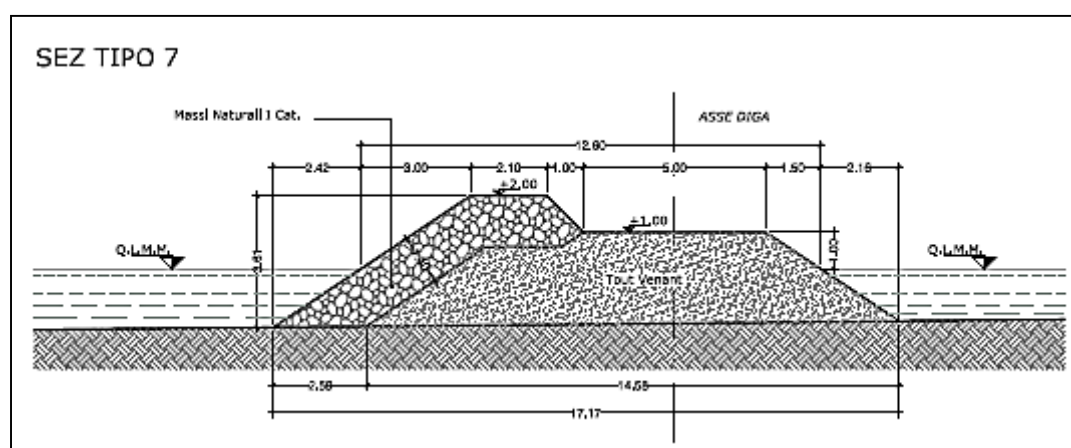


Figura 12 – Sezione tipo 7

6.1 Dimensionamento della Mantellata

Il dimensionamento dell'opera a gettata è stato effettuato impiegando la collaudata formula di Hudson, (1974) applicata secondo le indicazioni del Coastal Engineering Manual, che consente di ricavare il peso medio dei massi da adottare in funzione di un assegnato grado di stabilità valutato tenendo conto sia del tipo di massi impiegati sia delle condizioni di frangimento dell'onda di progetto, in relazione a ciascuna sezione considerata.

Si ricorda che la relazione semi-empirica di Hudson è espressa da:

$$\frac{H}{\Delta D_{n50}} = (K_D \cot \alpha)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

oppure, esplicitando in funzione del peso mediano del singolo elemento, da:

$$M_{50} = \frac{\rho_s H^3}{K_D \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)^3 \cot \alpha} \quad (6)$$

dove:

- H = altezza d'onda caratteristica (H_s oppure $H_{1/10}$);
- D_{n50} = spigolo del cubo equivalente del masso mediano;
- M_{50} = peso mediano dei massi;
- ρ_r = densità del masso;
- ρ_w = densità dell'acqua marina;
- $\Delta = (\rho_r / \rho_w) - 1$;
- K_D = coefficiente di stabilità (Tabella VIII);
- α = angolo formato dalla scarpa con l'orizzontale.

Applicando l'equazione (6) si ottengono i pesi teorici dei massi per ciascuna delle sezioni di verifica adottate.

| Criterio di "non danneggiamento" con limitata tracimazione | | | | | | | |
|--|-------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| Elemento | n (3) | Posa in opera | Sezione corrente | | Testata | | Scarpa |
| | | | K_D (2) | | K_D | | |
| | | | Onda frangente | Onda non frangente | Onda frangente | Onda non frangente | |
| Masso naturale arrotondato | 2 | alla rinfusa | 1.2 | 2.4 | 1.1 | 1.9 | da 1.5 a 3.0 |
| arrotondato | >3 | alla rinfusa (4) | 1.6 (4) | 3.2 | 1.4 (4) | 2.3 | |
| a spigoli vivi | 2 | alla rinfusa | 2.0 | 4.0 | 1.9 1.3 | 3.2 2.3 | 1.5 2.0 3.0 |
| a spigoli vivi | <3 | alla rinfusa | 2.2 | 4.5 | 2.1 | 4.2 | (5) |
| a spigoli vivi | 2 | speciale (6) | 5.8 | 7.0 | 5.3 | 6.4 | (5) |
| Parallelepipedo (7) | 2 | speciale (1) | 7.0-20.0 | 8.5-24.0 | -- | -- | |
| Tetrapodo | 2 | alla rinfusa | 7.0 | 8.0 | 5.0 | 6.0 | 1.5 |
| Quadripodo | | | | | 4.5 3.5 | 5.5 4.0 | 2.0 3.0 |
| Tribar | 2 | alla rinfusa | 9.0 | 10.0 | 8.3 7.8 6.0 | 9.0 8.5 6.5 | 1.5 2.0 3.0 |
| Dolos | 2 | alla rinfusa | 15.8(8) | 31.8(8) | 8.0 7.0 | 16.0 14.0 | 2.0(9) 3.0 |
| Cubo modificato | 2 | alla rinfusa | 6.5 | 7.5 | -- | 5.0 | (5) |
| Hexapod | 2 | alla rinfusa | 8.0 | 9.5 | 5.0 | 7.0 | (5) |
| Toskane | 2 | alla rinfusa | 11.0 | 22.0 | -- | -- | (5) |
| Masso naturale (KRR) assortiti | - | alla rinfusa | 2.2 | 2.5 | -- | -- | |

(1) Avvertenza: i valori di K_D scritti in *italico* non sono stati prodotti da apposite prove di laboratorio e, pertanto, sono riportati solo per consentire una progettazione preliminare dell'opera.

(2) Per pendenze comprese tra 1/1.5 e 1/5.

(3) n è il numero di elementi compresi nello spessore della mantellata (numero di strati).

(4) Non è consigliato l'uso di un singolo strato nelle mantellate di massi naturali sottoposte a onde frangenti. Nel caso di onde non frangenti, è ammissibile il singolo strato solo nel caso di una attenta posa in opera di massi.

(5) Nelle more dell'acquisizione di più dettagliate informazioni sulla variazione del coefficiente k_D con la pendenza, l'uso del k_D dovrebbe essere limitato a pendenze comprese tra 1/1.5 e 1/3. Alcune prove su elementi di mantellata in testata mostrano una relazione funzionale tra k_D e pendenza.

(6) Speciale posa in opera con l'asse maggiore del masso posto normalmente al piano della mantellata.

(7) Massi sagomati con forma parallelepipedica quando la maggiore dimensione lineare è circa 3 volte più grande della piccola (Markie e Davidson, 1979).

(8) I valori si riferiscono al criterio di "non danneggiamento" (spostamenti e oscillazioni dei massi < 5%); se non si tollera l'oscillazione dei dolos (<2%) occorre ridurre il k_D del 50% (Zwamborn e Van Niekerk, 1982).

(9) La stabilità dei dolos su pendenze superiori a 1/2 dovrebbe essere indagata con apposite prove su modello in funzione delle locali condizioni al contorno.

Tabella VIII – Coefficiente di stabilità

Il dimensionamento delle sezioni 3 e 4 è stato effettuato considerando un'altezza d'onda ridotta tenuto conto dell'incidenza fortemente obliqua del moto ondoso su tali tratti di scogliera.

Le sezioni tipo 3 e 4 rappresentano un tratto dell'opera a gettata planimetricamente posizionato in modo tale da risultare sottoposto all'azione del moto ondoso con attacco obliquo.

Per tali sezioni tipo, evidenziate in giallo nella Tabella XI, è stata adottata la teoria di Galland e Van Gent circa la riduzione dell'altezza d'onda di progetto nel caso di onde incidenti con direzione di propagazione obliqua rispetto all'asse longitudinale dell'opera da dimensionare. Infatti, è stato sperimentalmente dimostrato che un'onda che si propaga in direzione obliqua provoca, nelle opere a

gettata, un danno generalmente inferiore a quello che provocherebbe un'onda propagandosi perpendicolarmente all'opera.

Tale fenomeno, però, essendo ritenuto trascurabile, non viene tenuto in considerazione nelle formule presenti in letteratura per la valutazione della stabilità di un'opera a gettata.

A tal proposito, sono state sviluppate due teorie, riportate in una pubblicazione del Coastal Engineering del 2010:

- Adattamento dell'altezza d'onda: Galland e Van Gent hanno individuato un'altezza d'onda equivalente, da inserire nelle classiche formule di stabilità, che tiene conto dell'inclinazione della direzione di propagazione dell'onda. La nuova altezza d'onda introdotta risulta:

$$H_{s,\theta} = H_s (\cos\theta)^X \quad (4)$$

dove:

H_s =altezza dell'onda di progetto con direzione di propagazione perpendicolare all'opera;

θ =angolo d'inclinazione della direzione di propagazione;

X =coefficiente dipendente dal tipo di elemento adottato (Tabella IX)= 0.6 per massi Antifer e 0.25 per massi naturali.

| Table 1. Wave obliquity coefficient X for the equivalent wave height $H_{s,\theta}$ (Galland, 1994). | | | | |
|--|--------------|----------|------|------------|
| | Antifer cube | Tetrapod | Rock | Accropode® |
| Armour stability | 0.6 | 0.3 | 0.25 | 1 |
| Toe stability | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 |
| Overtopping | 1 | 0.6 | 1/3 | 0.75 |

Tabella IX

- Adattamento del coefficiente di stabilità: gli studi effettuati da Yu, Liu & Zhu hanno condotto ad un'espressione del coefficiente di stabilità K_D , da inserire nella relazione di Hudson, che permette di tenere in conto dell'inclinazione della direzione di propagazione dell'onda.

Nel dimensionamento delle sezioni tipo 3 e 4 è stata considerata un'altezza d'onda di progetto ridotta secondo la teoria di Galland e Van Gent, in quanto ritenuta maggiormente attendibile rispetto alla teoria di Yu, Liu & Zhu. I parametri utilizzati ed i risultati ottenuti sono illustrati nella sottostante Tabella X.

| Sez. | H _s | θ | X | H _{s,θ} |
|------|----------------|-----|------|------------------|
| 3 | 4.85 | 60° | 0.6 | 3.2 |
| 4 | 3.35 | 70° | 0.25 | 3.0 |

Tabella X

Nella Tabella XI si riportano i risultati dei calcoli idraulici svolti per il dimensionamento della mantellata con la formula di Hudson di cui sopra; come anticipato nella premessa, la mantellata verrà realizzata sia con massi naturali che con massi artificiali: all'aumentare della profondità di imbasamento della scogliera, ed al proporzionale incremento dell'intensità del moto ondoso, si passerà dalla predisposizione di un doppio strato di massi naturali ad un doppio strato di massi Antifer e di massi Tetrapodi.

| Sezione tipo | Posizione | Prof. | Hs (b) | Caratteristiche dell'onda | Tipo masso | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|-------|--------|---------------------------|------------|------------|---------------|-----|-------|-------|----------|------|------|------|
| | | | | | | γ_r | cotg α | n | K_A | K_D | M_{50} | | s | Cat. |
| n° | - | (b) | m | - | - | kN/m³ | - | - | - | - | kN | t | m | |
| 0 | Corrente | -5.0 | 3.10 | Frang | Antifer | 23.5 | 1.50 | 2.0 | 1.10 | 6.5 | 30.7 | 3.1 | 2.41 | |
| 1 | Corrente | -5.0 | 3.10 | Frang | Antifer | 23.5 | 1.50 | 2.0 | 1.10 | 6.5 | 30.7 | 3.1 | 2.41 | |
| 2 | Testata | -8.0 | 4.87 | Frang | Tetrapodo | 23.5 | 1.50 | 2.0 | 1.04 | 5.0 | 155.0 | 15.8 | 3.90 | |
| 2 | Corrente | -10.0 | 4.87 | Frang | Tetrapodo | 23.5 | 1.50 | 2.0 | 1.04 | 7.0 | 110.7 | 11.3 | 3.49 | |
| 3 | Corrente | -7.5 | 3.20 | Frang | Antifer | 23.5 | 1.50 | 2.0 | 1.10 | 6.5 | 33.8 | 3.5 | 2.50 | |
| 4 | Corrente | -6.0 | 3.00 | Frang | Naturale | 25.5 | 1.50 | 2.0 | 1.00 | 2.0 | 64.7 | 6.6 | 2.73 | III |
| 5 | Corrente | -4.5 | 2.80 | Frang | Naturale | 25.5 | 1.50 | 2.0 | 1.00 | 2.0 | 52.6 | 5.4 | 2.55 | III |
| 6 | Corrente | -3.5 | 2.30 | Frang | Naturale | 25.5 | 1.50 | 2.0 | 1.00 | 2.0 | 29.2 | 3.0 | 2.09 | II |
| 7 | Corrente | -2.0 | 1.70 | Frang | Naturale | 25.5 | 1.50 | 2.0 | 1.00 | 2.0 | 6.6 | 0.7 | 1.27 | I |

Tabella XI – Risultati del dimensionamento della mantellata

Osservando la tabella sovrastante si può notare l'inserimento di una sezione tipo 2 in posizione di “testata”; ciò deriva dalle modalità di realizzazione dell'opera descritte al Capitolo 1 *Premesse*. Durante la posa in opera della diga a gettata, infatti, per la sezione 2, ricadente in posizione angolare tra il 1° ed il 2° stralcio della vasca, saranno valide, per un periodo transitorio, le condizioni di testata.

Per entrambe le sezioni tipo 2, come già anticipato al paragrafo 5, il dimensionamento viene effettuato utilizzando l'altezza d'onda di progetto H_{s0}=4,87m in quanto risulta inferiore alla massima altezza d'onda compatibile con il fondale. Di conseguenza, i parametri assunti nella relazione di Hudson dovrebbero corrispondere alla condizione di “onda non frangente”; tuttavia, trattandosi di una situazione limite, in quanto la sezione tipo 2 si trova a cavallo di diverse batimetriche, che vanno dalla - 9.5m s.l.m. alla -6m s.l.m., si è preferito utilizzare la condizione di onda frangente e dimensionare a favore di sicurezza.

6.2 Dimensionamento della Berma al Piede

In tutte le sezioni di progetto, tranne che nelle sezioni 5, 6 e 7, ricadenti su fondali minori e comunque parzialmente protette dall'azione diretta del moto ondoso, è stata prevista la realizzazione di una berma al piede della mantellata avente la funzione di sostegno dei massi della mantellata, nonché di protezione degli strati filtro e del terreno sottostante dall'azione diretta del moto ondoso. Se la berma fosse realizzata con gli stessi massi che costituiscono la mantellata, la stabilità sarebbe sicuramente assicurata; tuttavia, per motivi economici, si preferisce realizzarla con massi di dimensioni inferiori. Per il corretto dimensionamento è necessario assicurarsi che la sommergenza della berma sia maggiore dell'altezza d'onda significativa di progetto sotto il livello marino, in modo che non subisca gli effetti della ridiscendenza dell'onda in corrispondenza del cavo e si eviti il frangimento diretto.

La verifica di stabilità del piede può essere effettuata con la formula proposta da Van der Meer, d'Angremond e Gerding (1995) valida per berma al piede costituita da massi naturali:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = \left(0.24 \frac{h_b}{D_{n50}} + 1.6 \right) N_{od}^{0.15} \quad (5)$$

dove:

- H_s =altezza d'onda significativa al piede dell'opera;
- ρ_r =densità del masso
- ρ_w =densità dell'acqua marina
- $\Delta=(\rho_r / \rho_w) - 1$;
- D_{n50} =spigolo del cubo equivalente al masso mediano
- h_b =sommergenza della berma
- N_{od} =numero di elementi rimossi dalla mantellata all'interno di una fascia di mantellata di larghezza pari a D_{n50} (≤ 0.5 nessun danno, $0.5 \leq N_{od} \leq 2$ danno accettabile, ≥ 4 danno grave).

Nella Tabella XII si riportano i dati utilizzati per l'implementazione della formula di cui sopra, nelle varie sezioni di progetto, ed il valore del parametro di danneggiamento ottenuto in ciascuna sezione, corrispondente al peso mediano dei massi che si prevede di adottare per la realizzazione della berma di protezione al piede.

La verifica risulta soddisfatta in tutte le sezioni con un valore di N_{od} inferiore a 2, corrispondente ad un "danno accettabile"; ciò equivale a dire che, per esempio nelle sezioni tipo 2, si potrebbe verificare il dislocamento di circa 2.3 massi per ml di struttura.

| Sezione tipo | Sommergenza della berma | Altezza dell'onda di calcolo | Peso mediano dei massi | | Peso specifico | Δ | Spigolo del cubo equivalente | Parametro di danneggiamento | Tipo di danneggiamento |
|--------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|------|-------------------|----------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| n° | h_b | H_s | M_{50} | | γ_r | - | D_{n50} | N_{od} | - |
| | m s.l.m. | m s.l.m. | kN | t | kN/m ³ | | m | - | |
| 0/1 | -3.00 | 3.10 | 19.6 | 2.0 | 23.5 | 1.33 | 0.94 | 1.38 | danno accettabile |
| 2 | -4.50 | 4.87 | 49.1 | 5.0 | 23.5 | 1.33 | 1.28 | 2.93 | danno accettabile |
| 2 | -4.50 | 4.87 | 49.1 | 5.0 | 23.5 | 1.33 | 1.28 | 2.93 | danno accettabile |
| 3 | -4.50 | 3.35 | 19.6 | 2.0 | 23.5 | 1.33 | 0.94 | 0.85 | danno accettabile |
| 4 | -3.00 | 3.00 | 7.4 | 0.75 | 25.5 | 1.52 | 0.66 | 1.97 | danno accettabile |

Tabella XII

6.3 Dimensionamento degli Strati Filtro

Le opere a gettata sono costruite da elementi di dimensioni e peso decrescenti dall'esterno verso l'interno, in relazione alla funzione che devono assolvere. Si è infatti verificato che la mantellata, dovendo resistere alle dirette sollecitazione del moto ondoso, presenterà massi di dimensioni maggiori, che nel caso in esame variano da 0.5 a 16 t. Il corpo centrale delle opere a gettata, definito nucleo, deve essere realizzato con materiale di pezzatura inferiore, tale da garantire un sufficiente grado di impermeabilità. Nel presente progetto lo stesso sarà costituito da tout-venant di cava, ossia da materiale lapideo di pezzatura assortita con peso variabile tra 0.5 e 500 kg. Per evitare il sifonamento di questo materiale attraverso gli strati più esterni di dimensioni maggiori e quindi più porosi, tra il nucleo e la mantellata sarà interposto uno strato filtro, realizzato attraverso la posa in opera di massi naturali di I o II categoria. Per la sezione tipo 7, invece, il cui strato più esterno è previsto che venga realizzato con massi naturali di I categoria, non si ritiene necessaria l'interposizione di uno strato filtro tra il nucleo e la mantellata.

Le dimensioni dei massi che costituiscono il filtro, infatti, sono state ricavate a partire dalla consolidata regola empirica secondo cui questo deve essere realizzato da elementi di peso compreso fra 1/10 ed 1/15 del peso dei massi utilizzati per la formazione della mantellata.

Per il calcolo dello spessore minimo del filtro è stata impiegata la seguente espressione:

$$r = nK_{\Delta} \left(\frac{M_{50}}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (6)$$

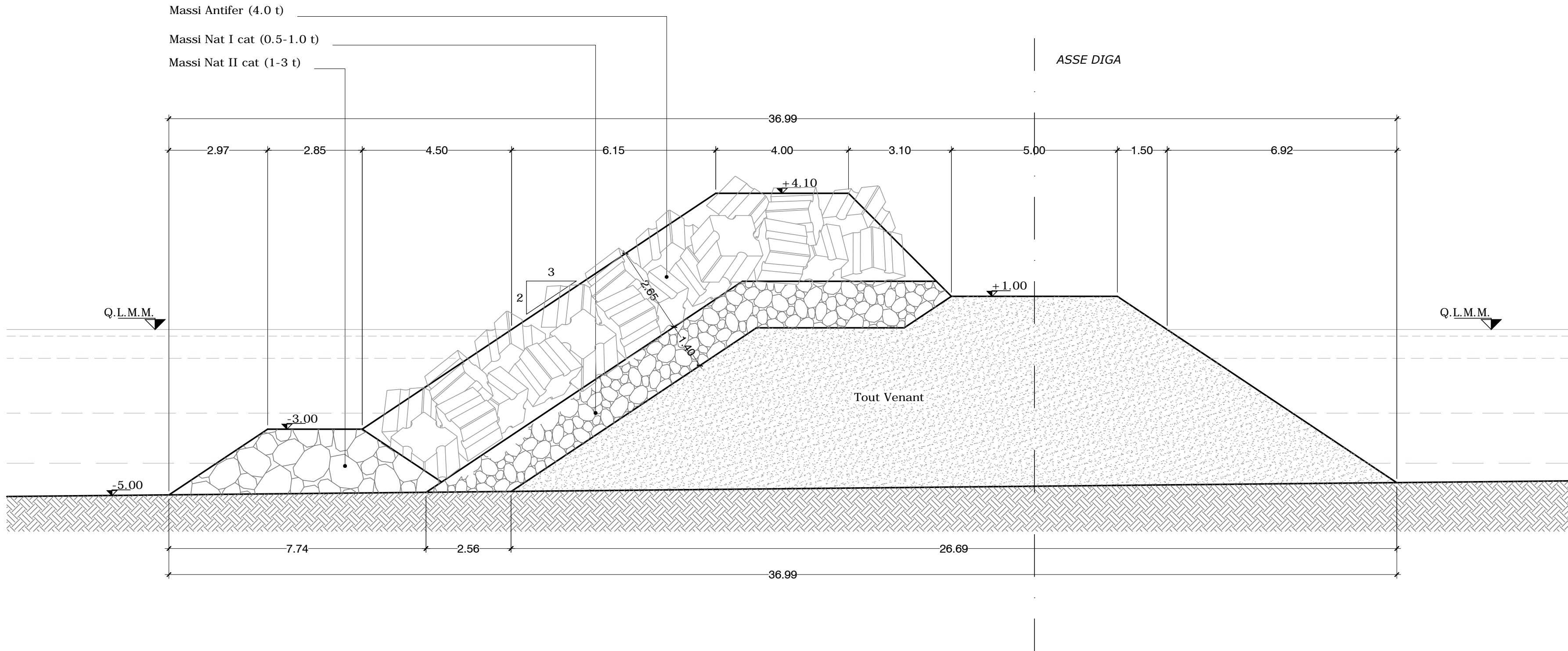
con K_{Δ} coefficiente di forma, pari all'unità nel caso di massi naturali, e n pari a due, ipotizzando una disposizione dei massi in doppio strato.

Assumendo per M_{50} il valore in kN del peso medio degli elementi a formazione dello strato filtro, si ottengono i valori minimi dello spessore da attribuire a tale strato in ogni sezione di progetto per la quale è stato previsto. I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante Tabella XIII.

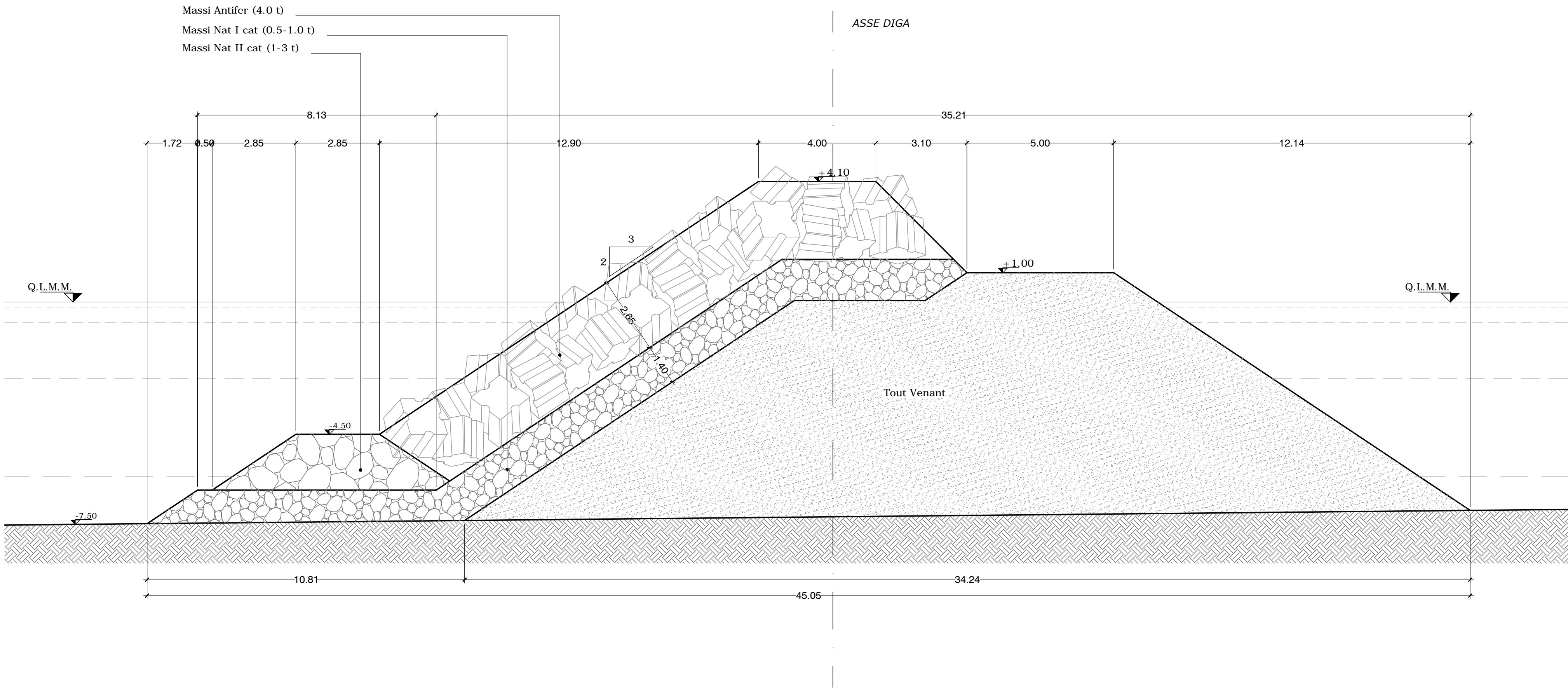
| Sezione tipo | Peso mediano dei massi | | Peso specifico | Spessore dello strato |
|-----------------|---------------------------|------|-------------------|--------------------------|
| n° | M ₅₀ | | γ _r | r |
| | kN | t | kN/m ³ | m |
| 0/1 | 7.4 | 0.8 | 25.5 | 1.32 |
| 2 | 19.6 | 2.0 | 25.5 | 1.83 |
| 2 | 19.6 | 2.0 | 25.5 | 1.83 |
| 3 | 7.4 | 0.75 | 25.5 | 1.32 |
| 4 | 7.4 | 0.75 | 25.5 | 1.32 |
| 5 | 7.4 | 0.8 | 25.5 | 1.32 |
| 6 | 2.0 | 0.2 | 25.5 | 0.85 |
| 7 | - | - | - | - |

Tabella XIII

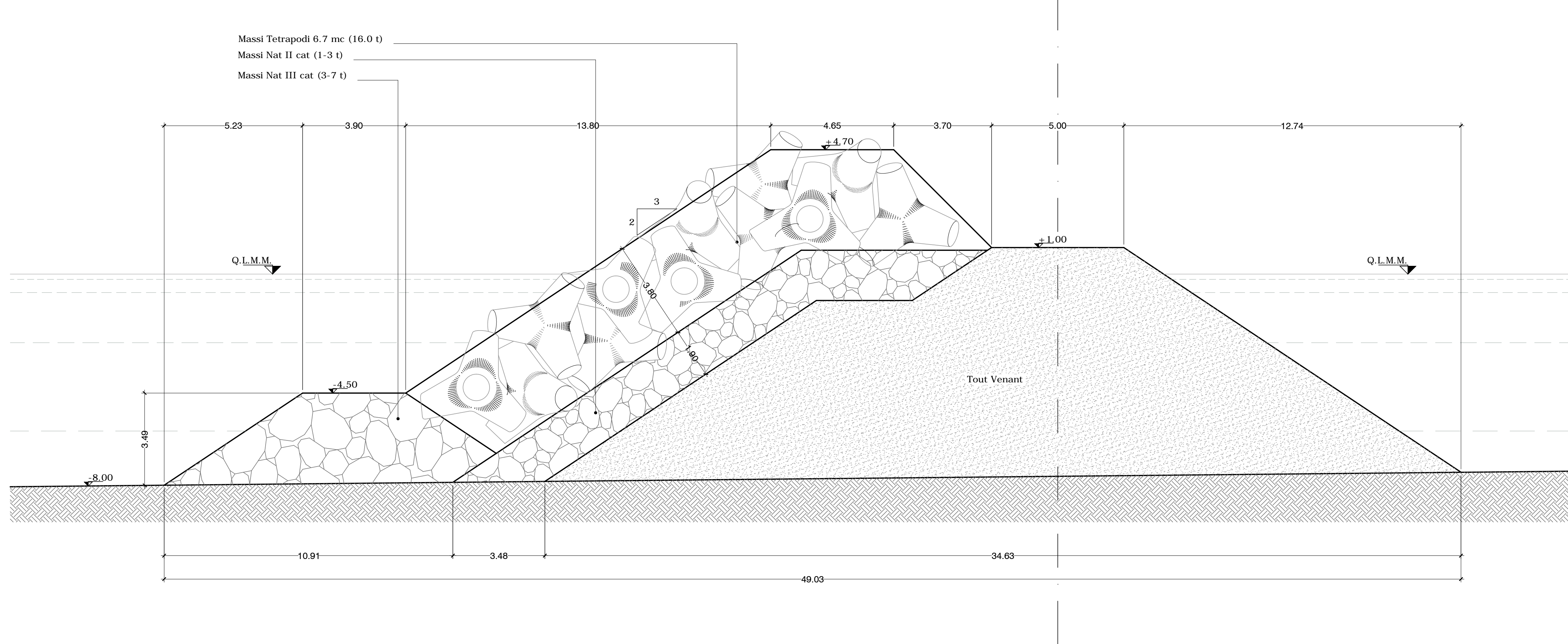
SEZ TIPO 0 / 1



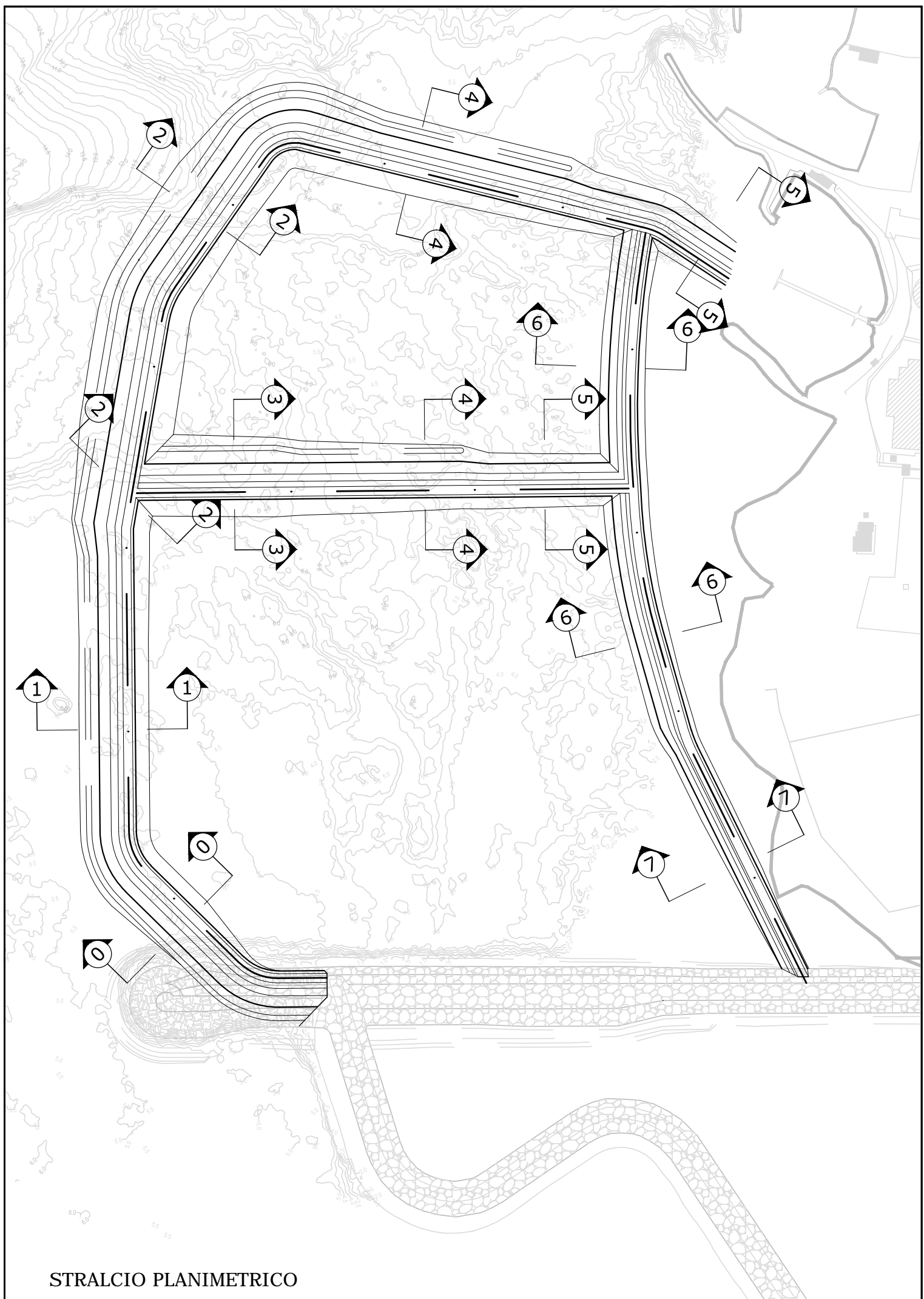
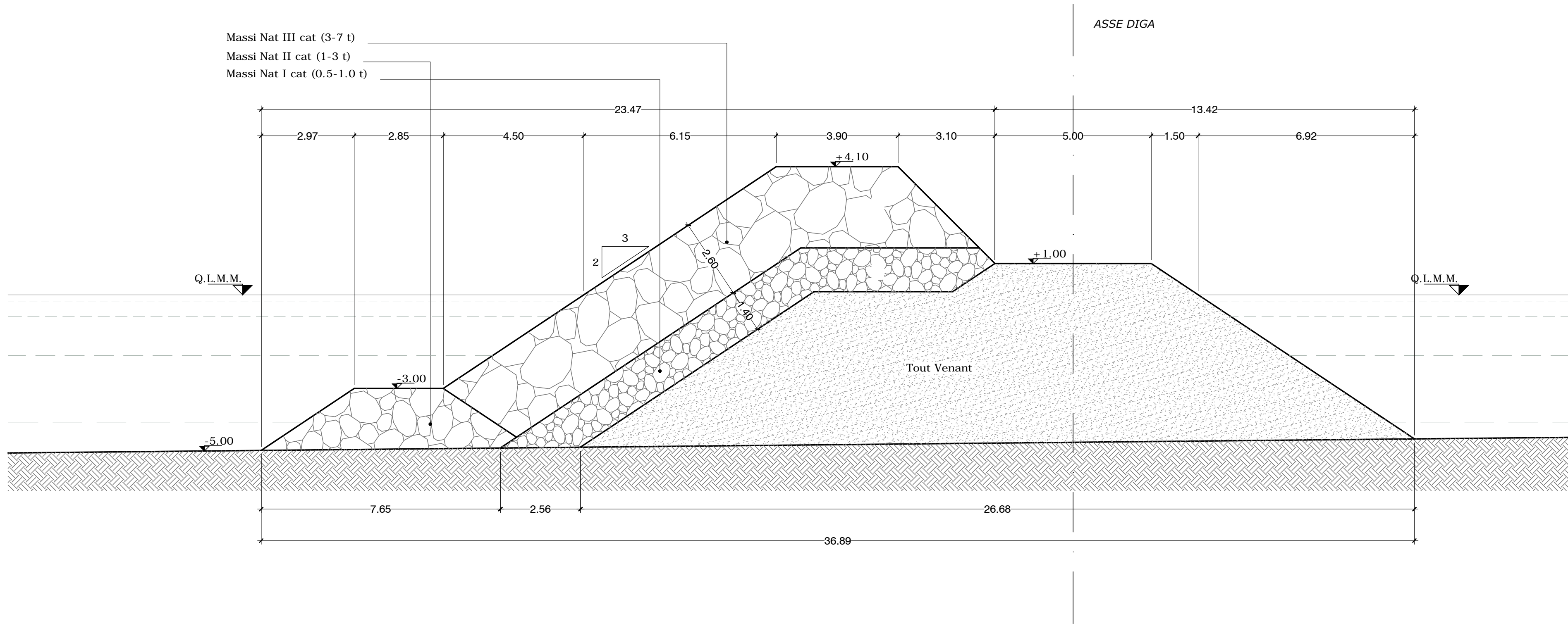
SEZ TIPO 3



SEZ TIPO 2



SEZ TIPO 4





**PORTI
di ROMA
e del LAZIO**

**AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA,
FIUMICINO E GAETA**
Moto Vespucci 00053 - CIVITAVECCHIA (RM)
Tel. 0766.966001
email: civitavecchia@portodiroma.it

PROGETTO:
**OPERE STRATEGICHE
PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA
1° LOTTO FUNZIONALE:
PROLUNGAMENTO ANTEMURALE C. COLOMBO
DARSENE SERVIZI E TRAGHETTI
OPERE COMPLEMENTARI: VASCA DI COLMATA NORD**

COMMITTENTE:
Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta
IL PRESIDENTE
Dott. Pasquino Monti

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Maurizio Ievoliella

IL COORDINATORE GENERALE
Dott. Ing. Giuseppe Solinas

PROGETTAZIONE - UFFICIO DIREZIONE LAVORI
**Rogedil Servizi S.r.l.**
Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA
Tel. 06.8000248 Fax 06.8000772
email: servizi@rogedil.com

**Il Presidente**

**IL DIRETTORE DEI LAVORI
Dott. Ing. Franco PORTOGHESI**

REALIZZAZIONE DELLE OPERE:
**R.T.I.
Grandi Lavori Fincosit S.p.A.
(Mandataria)**

**Impresa Pietro Cidonio S.p.A.
Coopsette Soc. Coop.
Itinera S.p.A.
(Mandanti)**

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | | |
|-------------|----------|-----------|--------------|---------|-----|
| N° progetto | Commissa | N° progr. | N° elaborato | Rev/Cap | Tip |
| 01812 | CIV/VSC | 005 | 004 | 0 | M/D |

OPERE MARITTIME

OGGETTO:
**SEZIONI TIPO
DI PROGETTO 1/2**

Scala
1:100

Plat
10:1

Fis
01812CIV/VSC/0050040040

Recato
1341/004

Controllato
ING. GUERRA

Approvato
ING. PORTOGHESI

DATA
OTTOBRE 2012

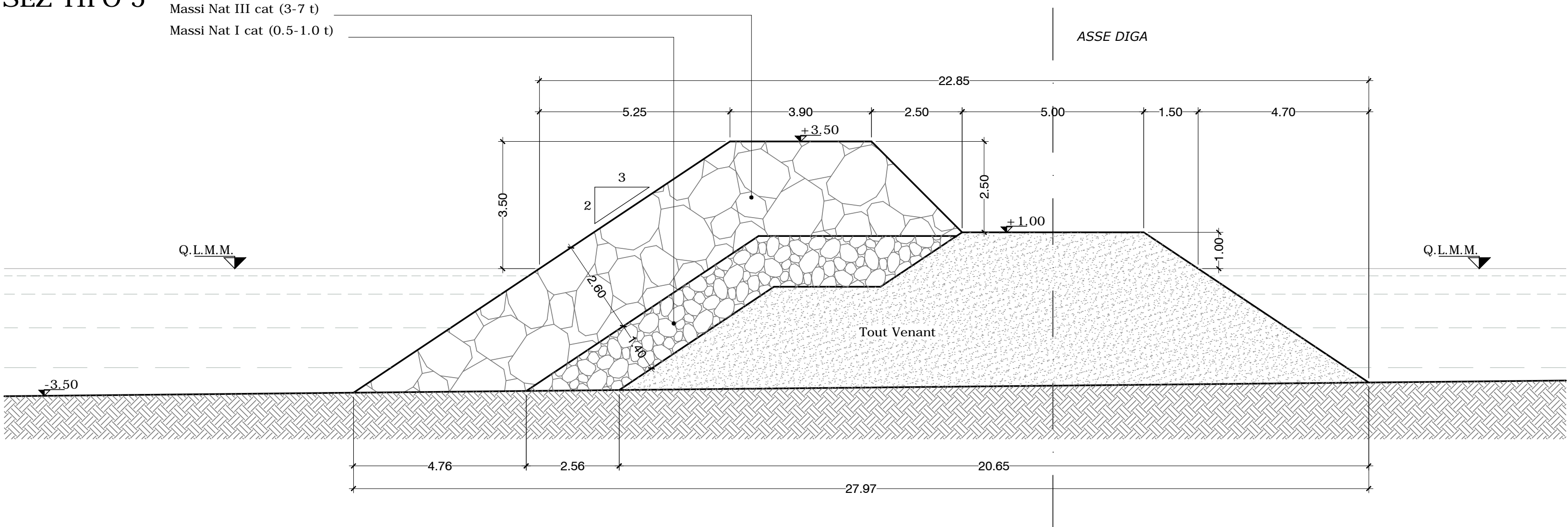
REV
0

PROVAZIONE
Emissione per Approvazione Enti

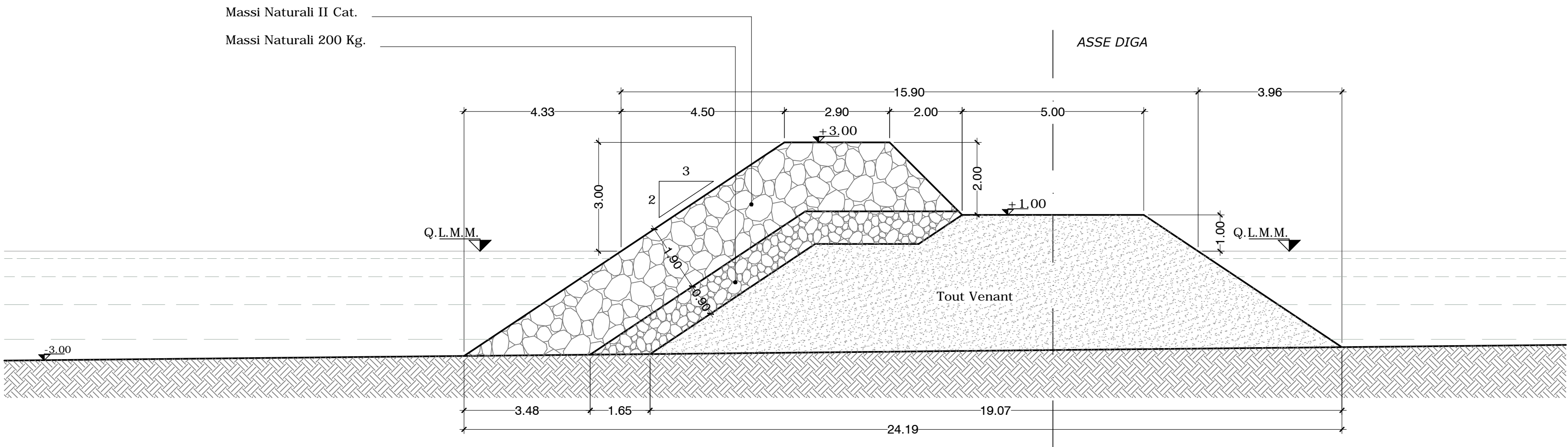
CODICE
1812

Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termini di legge e ne è vietata la riproduzione e la comunicazione a terzi anche parziale senza nostra autorizzazione scritta.

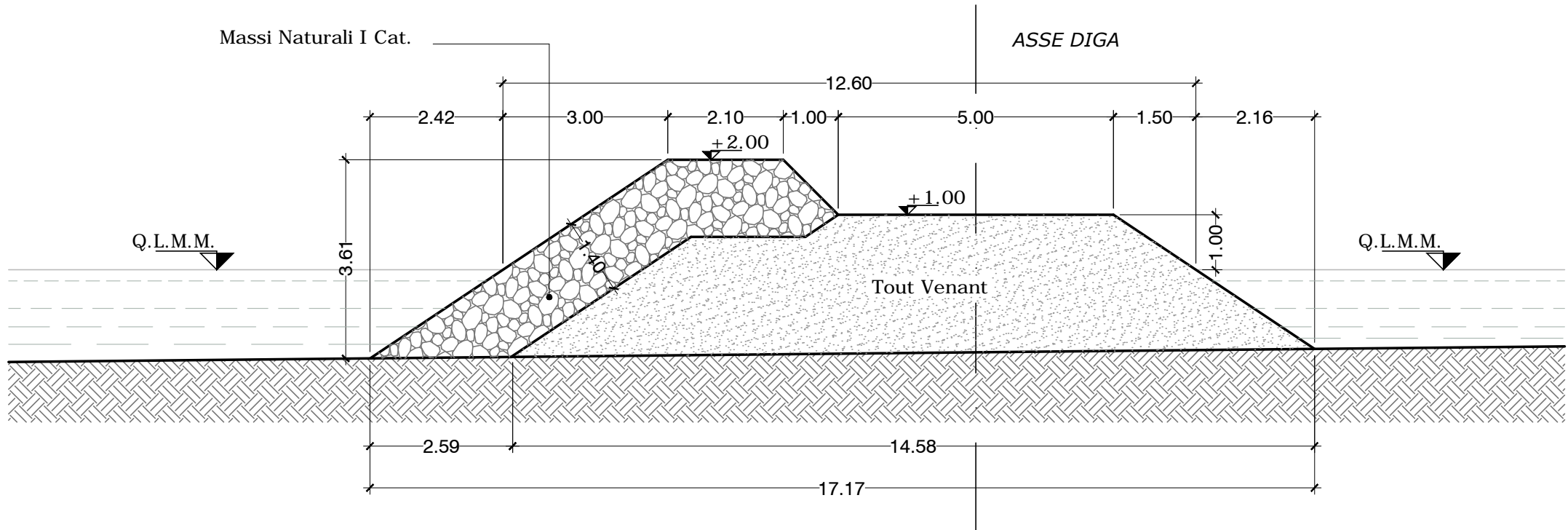
SEZ TIPO 5



SEZ TIPO 6 (Fase 1)



SEZ TIPO 7





PORTI
di **ROMA**
e del **LAZIO**

**AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA,
FIUMICINO E GAETA**

Molo Vespucci 00053 - CIVITAVECCHIA (RM)
Tel. 0766 366201
email: civitavecchia@portidiroma.it

PROGETTO:

**OPERE STRATEGICHE
PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA
1° LOTTO FUNZIONALE:
PROLUNGAMENTO ANTEMURALE C. COLOMBO
DARSENE SERVIZI E TRAGHETTI
OPERE COMPLEMENTARI: VASCA DI COLMATA NORD**

COMMITTENTE:

Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta

IL PRESIDENTE
Dott. Pasqualino Monti

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Maurizio Ievolella

IL COORDINATORE GENERALE
Dott. Ing. Giuseppe Solinas

PROGETTAZIONE: UFFICIO DIREZIONE LAVORI



Rogedil Servizi s.r.l.
Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA
Tel. 06 82002948 Fax 06 82097772
email: servizi@rogedil.com

ROGEDIL Servizi S.r.l.
Il Presidente

IL DIRETTORE DEI LAVORI
Dott. Ing. Franco PORTOGHESI



REALIZZAZIONE DELLE OPERE:

**R.T.I.
Grandi Lavori Fincosit S.p.A
(Mandataria)**

**Impresa Pietro Cidonio S.p.A.
Coopsette Soc. Coop.
Itinera S.p.A.
(Mandanti)**

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-----------|--------------|-----|-----|-----|----------|---|---|---------------------------------|
| N° progetto | Commessa | N° progr. | N° elaborato | Rev | Cap | Tip | OGGETTO: | | | |
| 018 | 12 | CIV | VSC | E | 006 | 005 | 0 | M | D | SEZIONI TIPO DI PROGETTO 2/2 |

OPERE MARITTIME

| | | | | | |
|-------|---------|-----------------------|-----------|------------|----------------|
| Scala | Plot | File | Redatto | Controlato | Approvato |
| 1:100 | 10=1 | 01812CIVVSC00600500MD | GEOM.PIAS | ING.GUERRA | ING.PORTOGHESI |
| Dim | 670x594 | Tip | DWG | | |

| | | | |
|--------------|-----|---------------------------------|--------|
| DATA | REV | DESCRIZIONE | CODICE |
| OTTOBRE 2012 | 0 | Emissione per Approvazione Enti | 18/12 |