COMMITTENTE:

RODRIQUEZ
CANTIERI NAVALI S.P.A.
VIA S. RAINERI 22
95122 MESSINA
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di IMMSI S.p.A.

PROGETTO URBANISTICO
E ARCHITETTONICO:

ING. MICHELE MINISTERI
ARCH. VITTORIO GRATTAROLA
ARCH. PAOLO BANDINI

PROGETTO IDRAULICO
MARITTIMO:

ACQUA
TECNO
ING. PAOLO TURBOLENTE

Dott. Ing. PAOLO TURBOLENTE
ORDINE INGEGNERI ROMA N° 16715

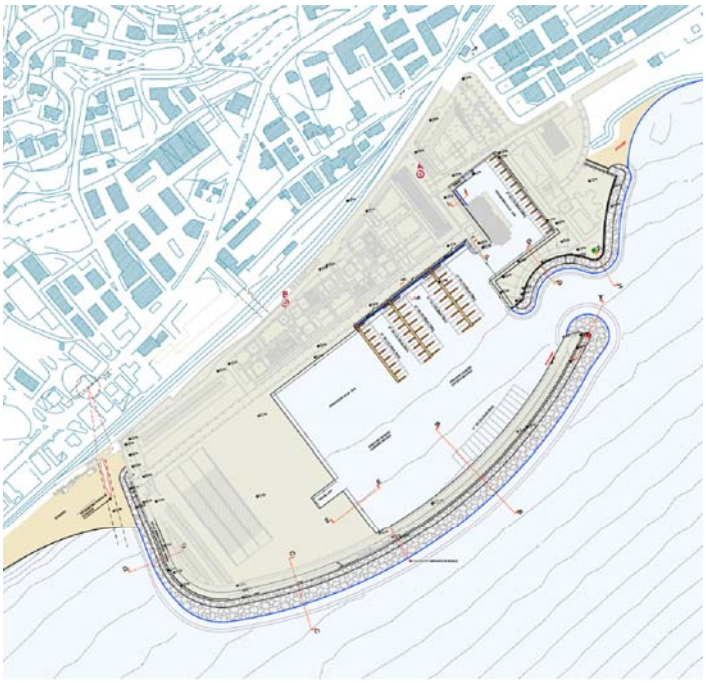
Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Regione Liguria
Provincia di Savona
Comune di Pietra Ligure

S.U.A. Strumento urbanistico attuativo
di approvazione regionale L. 24 / 87

D.P.R. 509/97
Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98
Conf. Servizi L. 241/90 e s.m.i.

PROGETTO PER LA TRASFORMAZIONE URBANISTICA DEI CANTIERI NAVALI RODRIQUEZ IN UN PORTO TURISTICO CON ANNESSE STRUTTURE PUBBLICHE, RICETTIVE, RESIDENZIALI E PRODUTTIVE



PROGETTO DEFINITIVO OO.MM.

Relazione tecnica opere marittime

COMMESSA	OPERA	FASE	SETTORE	TAVOLA N°	REV	FILE
A21650 9	OA	PD	OM	DB	0	

	GIUGNO 2012	0		1:2.000
Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	SCALA

INDICE:

1. PREMESSA 4

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
2.1 Azioni sulle costruzioni 5
2.2 Terreni, rocce, opere di sostegno e di fondazione 6
2.3 Elaborati tecnici 6

3. MATERIALI 7
3.1 Calcestruzzo strutturale e non strutturale 7
3.2 Terreni di rinfianco e d'imposta dei muri di banchina 7
3.3 Materiale di riempimento dell'elemento prefabbricato Muro-Cassone 7

4. AZIONI AGENTI SULLE OPERE IN PROGETTO 8
4.1 Carico di banchina 8
4.2 Tiro alla bitta 8
4.3 Travel Lift 9
4.4 Sisma 9

5. DETERMINAZIONE ANALITICA DELLE AZIONI 11
5.1 Spinta del terreno in condizioni statiche 11
5.2 Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione 11
5.3 Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dal sovraccarico di banchina 11
5.4 Spinta del terreno indotta dal Travel Lift 12
5.5 Spinte indotte dal moto ondoso sul muro paraonde della diga di sopraflutto 14
5.6 Spinte indotte dal moto ondoso sul muro paraonde della diga di sottoflutto 17
5.7 Tiro alla bitta 19
5.8 Spinta del terreno in condizioni sismiche 19
5.9 Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione in c.a. 20
5.10 Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina 21
5.11 Spinta idrodinamica indotta dal sisma 21
5.12 Forze di massa indotta dal sisma 22

6. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO 23
6.1 Coefficienti di combinazione delle azioni adottati 25
6.2 Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche 26
6.2.1 Muri di banchina – Stato Limite Ultimo e Stato limite di Salvaguardia della Vita 26

6.2.2 Muro paraonde – Stato Limite Ultimo 27

6.3 Verifiche di stabilità 28
6.3.1 Verifiche alla traslazione 28
6.3.2 Verifiche al ribaltamento 28
6.3.3 Verifiche della capacità portante in condizioni drenate 28

7. VERIFICHE BANCHINA CANTIERE NAUTICO 30

7.1 Verifiche SLU 48
7.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 48
7.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 49
7.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+ M2 50
7.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 51

7.2 Verifiche SLV 54
7.2.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 54
7.2.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 56
7.2.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2 58
7.2.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 60

8. VERIFICHE BANCHINA DARSENA TRAVEL LIFT 64

8.1 Verifiche SLU 99
8.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 99
8.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 100
8.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+ M2 101
8.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 102

8.2 Verifiche SLV 104
8.2.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 104
8.2.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 106
8.2.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2 108
8.2.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 110

9. VERIFICHE MURI PARAONDE DIGA DI SOPRAFLUTTO 114

9.1 Verifiche SLU 117
9.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 117
9.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 118
9.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+ M2 119
9.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 120

10. VERIFICHE MURI PARAONDE DIGA DI SOTTOFLUTTO 121

10.1 Verifiche SLU 125
10.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+ M1+ R1) 125
10.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+ M2+ R2) 126
10.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+ M2 127
10.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+ M1+ R3) 128

11. ANALISI DI STABILITA' GEOTECNICA GLOBALE 129

11.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (slu) 129

11.2 Azione sismica secondo il D.M. 14-01-2008 132

11.3 Metodologia di analisi 133

11.4 Stabilità globale della sez EE (banchina antiriflettente dell'area cantiere): risultati ottenuti 134

11.5 Stabilità globale della sez BB (diga sopraflutto lato mare): risultati ottenuti 139

11.6 Stabilità globale della sez BB (diga sopraflutto lato porto): risultati ottenuti 145

11.7 Stabilità globale della sez HH: risultati ottenuti 148

12. BIBLIOGRAFIA 153

1. PREMESSA

Il presente elaborato, redatto in conformità all'art. 26 del d.P.R. 207/2010, rappresenta la relazione tecnica delle opere marittime della progettazione definitiva per la trasformazione urbanistica dei Cantieri Navali Rodriguez in un Porto Turistico con annesse strutture pubbliche, ricettive, residenziali e produttive. Nell'elaborato in oggetto vengono esplicitate le verifiche previste dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni" ed alla normativa riportata nel par. 2. Nel seguito viene esplicitato il calcolo delle seguenti opere:

- **Banchina Cantiere Nautico:** sez. E-E;
- **Darsena Travel Lift:** sez. Y-Y;
- **Diga di Sopraflutto:** sez. B-B;
- **Diga di Sottoflutto:** sez. H-H.

Le analisi effettuate si riferiscono a quelle sezioni che presentano le condizioni di carico più gravose e pertanto la verifica delle stesse può essere estesa a tutte le sezioni di uguale geometria, ma sottoposte a carichi inferiori.

A valle del calcolo delle azioni agenti su ognuna delle opere sopra elencate, si riportano le verifiche di stabilità alla traslazione, alla rotazione ed allo schiacciamento dei terreni d'imposta.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione delle opere in oggetto è condotta nel rispetto delle seguenti norme:

2.1 Azioni sulle costruzioni

- **D.M. 14 Gennaio 2008**
  Norme tecniche sulle costruzioni

- **UNI EN 1998-5 DEL 01/01/2005**
  Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

- **O.P. Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 e succ. agg.**
  Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

- **Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. Serv. Tecn. Centrale, 12/1996**
  Linee guida sul calcestruzzo strutturale

- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996 e succ. agg.**
  Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi. Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- **D.M. LL.PP. del 09/01/1996**
  Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- **Circ.Min. LL.PP. del 24/06/1993, n° 37406/STC**
  Istruzioni relative alle norme tecniche pere l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 14/02/1992.

- **D.M. LL.PP. del 14/02/1992**
  Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- **D.M. LL.PP. del 03/12/1987**
  Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

- **D.M. LL.PP. del 12/02/1982**
  Aggiornamento delle norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, dei carichi e sovraccarichi.

- **Circ.Min. LL.PP. del24/05/1982, n° 22631**
  Istruzioni relative ai carichi, ai sovraccarichi ed ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni.

- **Circolare Min. LL.PP. n. 11951 14/02/1974**
  Istruzioni per l'applicazione delle "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."

- **Legge del 05/11/1971, n° 1086**
  Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

2.2 Terreni, rocce, opere di sostegno e di fondazione

- **D.M. LL.PP: del 11/03/1988**
  Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- **Circ.Min.LL.PP. del 24/09/1988, n° 30483**
  Ministero LL.PP. Legge 02/02/1974, n° 64 art. 1 – D.M.LL.PP. 11/03/1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

2.3 Elaborati tecnici

- **CNR 10024 n° 160 del 06/10/1986**
  Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

- **UNI 936 Settembre 1986**
  Disegni tecnici – Formati e disposizioni degli elementi grafici dei fogli da disegno.

- **UNI 938 Settembre 1981**
  Disegni tecnici – Piegatura dei fogli.

3. MATERIALI

3.1 Calcestruzzo strutturale e non strutturale

Per il calcestruzzo degli elementi prefabbricati (Muro-Cassone e Massi sovrapposti), dei muri paraonde e dei getti in opera sono stati assunti i seguenti pesi di volume:

- Peso di volume asciutto: γ_c = 24.50 kN/m^3
- Peso di volume immerso: $\gamma_{c'}$ = 14.40 kN/m^3

3.2 Terreni di rinfianco e d'imposta dei muri di banchina

Le caratteristiche geo-meccaniche del tout venant di cava impiegato per il rinfianco alle spalle degli elementi prefabbricati (Muro-Cassone; Massi Sovrapposti) sono le seguenti:

- Peso specifio dei granuli (scheletro solido): γ_s = 25.00 kN/m^3
- Porosità: n = 0.40
- Peso secco dell'unità di volume: γ_d = 15.00 kN/m^3
- Peso saturo dell'unità di volume: γ_{sat} = 19.02 kN/m^3
- Peso di volume immerso: γ' = 8.97 kN/m^3
- Angolo di attrito: ϕ' = 40°
- Coesione: c = 0.00 kN/m^2

Le caratteristiche geo-meccaniche del materiale impiegato per lo scanno d'imbasamento degli elementi prefabbricati (Muro-Cassone; Massi Sovrapposti) sono le seguenti:

- Peso specifico dei granuli (scheletro solido): γ_s = 25.00 kN/m^3
- Porosità: n = 0.40
- Peso secco dell'unità di volume: γ_d = 15.00 kN/m^3
- Peso saturo dell'unità di volume: γ_{sat} = 19.02 kN/m^3
- Peso di volume immerso: γ' = 8.97 kN/m^3
- Angolo di attrito: ϕ' = 45°
- Coesione: c = 0.00 kN/m^2

3.3 Materiale di riempimento dell'elemento prefabbricato Muro-Cassone

Le caratteristiche geo-meccaniche del tout venant di cava impiegato per il riempimento dell'elemento prefabbricato Muro-Cassone sono le seguenti:

- Peso specifio dei granuli (scheletro solido): γ_s = 25.00 kN/m^3
- Porosità: n = 0.40
- Peso secco dell'unità di volume: γ_d = 15.00 kN/m^3
- Peso saturo dell'unità di volume: γ_{sat} = 19.02 kN/m^3
- Peso di volume immerso: γ' = 8.97 kN/m^3
- Angolo di attrito: ϕ' = 40°
- Coesione: c = 0.00 kN/m^2

4. AZIONI AGENTI SULLE OPERE IN PROGETTO

4.1 Carico di banchina

Il valore del sovraccarico accidentale di banchina (Δq_b), pari a 20 KN/m^2, è stato desunto dalla "relazione di calcolo preliminare" del progetto preliminare.

4.2 Tiro alla bitta

Per quanto riguarda la valutazione delle azioni esercitate dalle imbarcazioni sulle banchine durante la fase di ormeggio, si è adottata la metodologia indicata da Tobiasson e Kollmeyer nel testo "Marinas and small craft harbors". Nel caso in esame si sono trascurate le azioni indotte dalle correnti e dal moto ondoso sulle imbarcazioni (il banchinamento è ridossato rispetto agli stati di mare prevalenti ed al suo interno possono verificarsi solo correnti di marea di minima intensità), mentre si sono prese in considerazione le condizioni più sfavorevoli di esposizione ai venti regnanti. In particolare si è ipotizzata una velocità del vento massima al suolo pari a 30 m/s, proveniente dalla direzione più sfavorevole dal punto di vista del calcolo delle azioni indotte sull'imbarcazione (pressoché ortogonale alla banchina). La relazione riportata nel testo sopracitato per il calcolo della forza impressa dal vento sull'imbarcazione è di seguito riportata:

$$F = 0.72\ E\ D\ S\ V^2 \qquad (1)$$

in cui:

- $E = 0.33\ A_L$ è l'area di calcolo (vessel end area), con A_L area laterale dell'imbarcazione di progetto;
- D è il coefficiente di direzione (direction factor) il cui valore è ricavabile dal grafico riportato nella figura xx in funzione della direzione di provenienza del vento
- S è il coefficiente di schermatura (shielding factor) operata dalle altre imbarcazioni ($0 \leq S \leq 1$);
- V è la velocità del vento a terra (terrain air velocity).

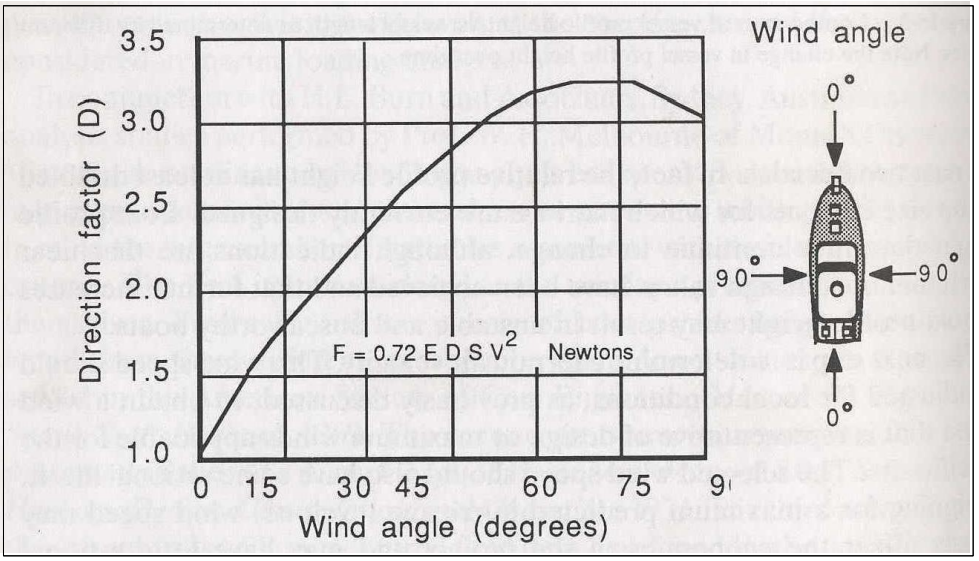


Figura 1: Valori del coefficiente D al variare della direzione del vento

Considerata una imbarcazione da 50 m di lunghezza fuori tutto con un'area laterale A_L pari a 300 m^2, assegnato al coefficiente D il massimo valore ricavabile dalla Figura 1 pari a 3.3 ed assunto cautelativamente il valore unitario per il coefficiente S, attraverso la relazione (1) si è ricavata la forza impressa dal vento sull'imbarcazione di progetto, di intensità pari a F = 205.28 KN. Nel caso in esame, ipotizzato che l'azione venga ripartita equamente su due sole cime, si ricava un tiro alla bitta pari a T=102.64 KN. Tale azione viene schematizzata come una forza orizzontale agente sul coronamento del muro-cassone in direzione ortogonale al filo banchina

4.3 Travel Lift

Lungo la darsena di alaggio e a ridosso dei piazzali prospicenti il Cantiere Nautico si è ipotizzata la presenza di una macchina operatrice da 300 t a pieno carico (Travel Lift tipo Ascom o similari). Secondo le specifiche tecniche riportate nelle tabelle fornite dai produttori, tale azione verticale viene trasferita alla pavimentazione, ed al sottostante sottosuolo, attraverso 4 coppie di pneumatici gemellati, posizionati in corrispondenza dei 4 angoli della macchina. Nel caso specifico di Travel Lift da 300 t, l'azione verticale trasmessa attraverso ciascuna coppia di pneumatici è pari a 102.5 t.

4.4 Sisma

Per la valutazione dell'azione sismica sulle opere da realizzare si adottano i risultati riportati nella relazione "ANALISI DI RISCHIO SISMICO MICROZONAZIONE" della progettazione preliminare, eseguiti secondo quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni".

Si riportano di seguito i risultati relativi all'elaborazione per le "opere di sospegno".

Tipo di elaborazione: opere di sostegno.

Sito in esame.

latitudine: 44,147052 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
longitudine: 8,280777 [°] - Le coordinate geografiche espresse sono in ED50
Classe d'uso: III. : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso..
Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	17796	44,169330	8,261319	2923,3
Sito 2	17797	44,172390	8,330857	4888,5
Sito 3	18019	44,122490	8,335099	5123,8
Sito 4	18018	44,119430	8,265644	3300,3

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 75 anni
Coefficiente cu: 1,5

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	a_g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,028	2,528	0,187
Danno (SLD)	63	75	0,037	2,544	0,215
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,113	2,486	0,296
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,154	2,500	0,309

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	a_{max} [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,830	1,000	0,008	0,004	0,411	0,180
SLD	1,500	1,740	1,000	0,010	0,005	0,546	0,180
SLV	1,500	1,570	1,000	0,041	0,020	1,667	0,240
SLC	1,470	1,550	1,000	0,054	0,027	2,217	0,240

Nel caso specifico delle opere di sostegno del terreno, si considera, ai fini sismici, il solo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

5. DETERMINAZIONE ANALITICA DELLE AZIONI

5.1 Spinta del terreno in condizioni statiche

La spinta del terreno in condizioni statiche ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressione:

$$S_T = \frac{1}{2} k_a \gamma_d H_d^2 + k_a \gamma_d H_d H_s + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2 \quad (2)$$

$$M_{Tr} = \frac{1}{2} k_a \gamma_d H_d^2 \times \left(H_s + \frac{H_d}{3} \right) + k_a \gamma_d H_d H_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2} k_a \gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3} \quad (3)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- γ_d peso secco dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' peso immerso dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

5.2 Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione

La spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla pavimentazione industriale posta a tergo del muro di banchina presenza ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressione:

$$S_Q = k_a \, q_p \left(H_d + H_s \right) \quad (4)$$

$$M_{Qr} = k_a \, q_p \left(H_d + H_s \right) \times \frac{\left(H_d + H_s \right)}{2} \quad (5)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- q_p peso per unità di superfice della pavimentazione industriale in c.a.;
- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

5.3 Spinta del terreno in condizioni statiche indotta dal sovraccarico di banchina

La spinta del terreno in condizioni statiche indotta dalla presenza del sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle del muro di banchina ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressione:

$$S_Q = k_a \, \Delta q_b \left(H_d + H_s \right) \quad (6)$$

$$M_{Qr} = k_a \, \Delta q_b \left(H_d + H_s \right) \times \frac{\left(H_d + H_s \right)}{2} \quad (7)$$

con:

- k_a coefficiente di spinta attiva calcolato con la teoria di Rankine;
- Δq_b sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle della banchina;

- H_d altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

5.4 Spinta del terreno indotta dal Travel Lift

Per determinare la spinta del terreno indotta dal Travel Lift sui muri di banchina che delimitano i piazzali antistanti il Cantiere Nautico, si è reso necessario valutare la sovrappressione indotta sul sottostante sottosuolo. Tale studio viene eseguito attraverso le espressioni della teoria elastica di Boussisnesq, determinate sotto l'ipotesi di mezzo continuo, omogeneo, isotropo, elastico lineare e privo di peso. In particolare, la soluzione relativa al caso di un'area rettangolare uniformemente caricata , adottata nel presente lavoro, consente di ricavare le tensioni indotte dal carico uniformemente distribuito lungo la verticale passante per uno dei vertici dell'area di impronta. Con riferimento allo schema di figura xx, si riportano le espressioni utilizzate:

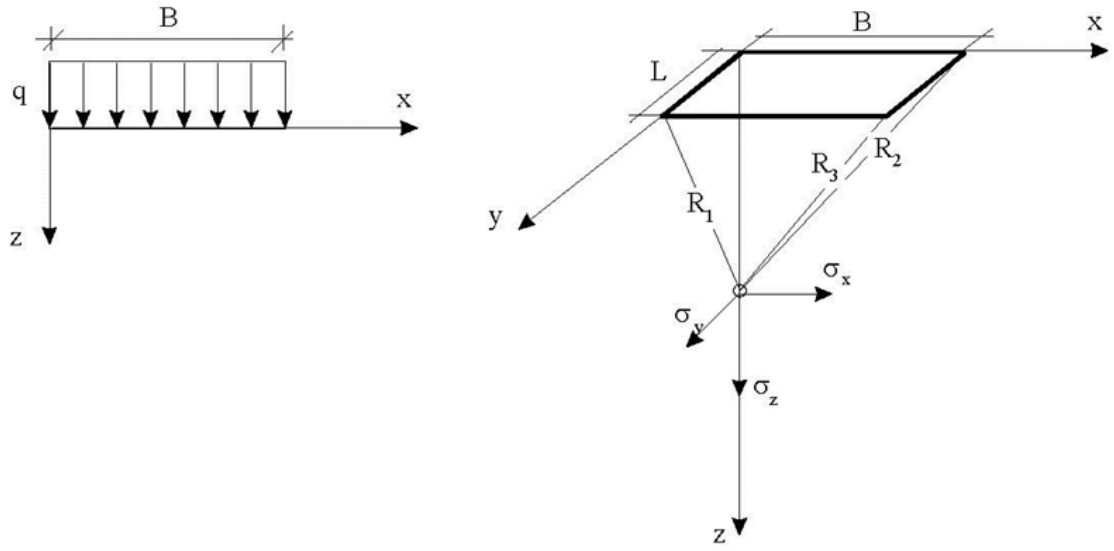


Figura 2: Pressione uniforme su un'area rettangolare

$$\sigma_z = \frac{q}{2\cdot\pi}\cdot\left[\arctan\left(\frac{L\cdot B}{z\cdot R_3}\right)+\frac{L\cdot B\cdot z}{R_3}\cdot\left(\frac{1}{R_1^2}-\frac{1}{R_2^2}\right)\right] \tag{9}$$

$$\sigma_x = \frac{q}{2\cdot\pi}\cdot\left[\arctan\left(\frac{L\cdot B}{z\cdot R_3}\right)-\frac{L\cdot B\cdot z}{R_1^2\cdot R_3}\right] \tag{10}$$

$$\sigma_y = \frac{q}{2\cdot\pi}\cdot\left[\arctan\left(\frac{L\cdot B}{z\cdot R_3}\right)-\frac{L\cdot B\cdot z}{R_2^2\cdot R_3}\right] \tag{11}$$

con:

- $R_1=(L^2+z^2)^{0.5}$; $R_2=(B^2+z^2)^{0.5}$; $R_3=(L^2+B^2+z^2)^{0.5}$.

Nel caso in esame, l'area rettangolare uniformemente caricata è stata ottenuta proiettando a 45° per tutta l'altezza dello spessore della pavimentazione industriale in c.a. l'impronta della coppia di pneumatici gemellati.

Attraverso la risoluzione delle equazioni (9)-(11), condotta per i muri di banchina antistanti il Cantiere Nautico e per la darsena di alaggio-varo, si ricavano le sovrappressioni indotte dal Travel Lift e quindi, per integrazione alle differenze finite, le spinte del terreno esercitate sulle strutture di banchina.

Si riporta di seguito lo schema di calcolo utilizzato.

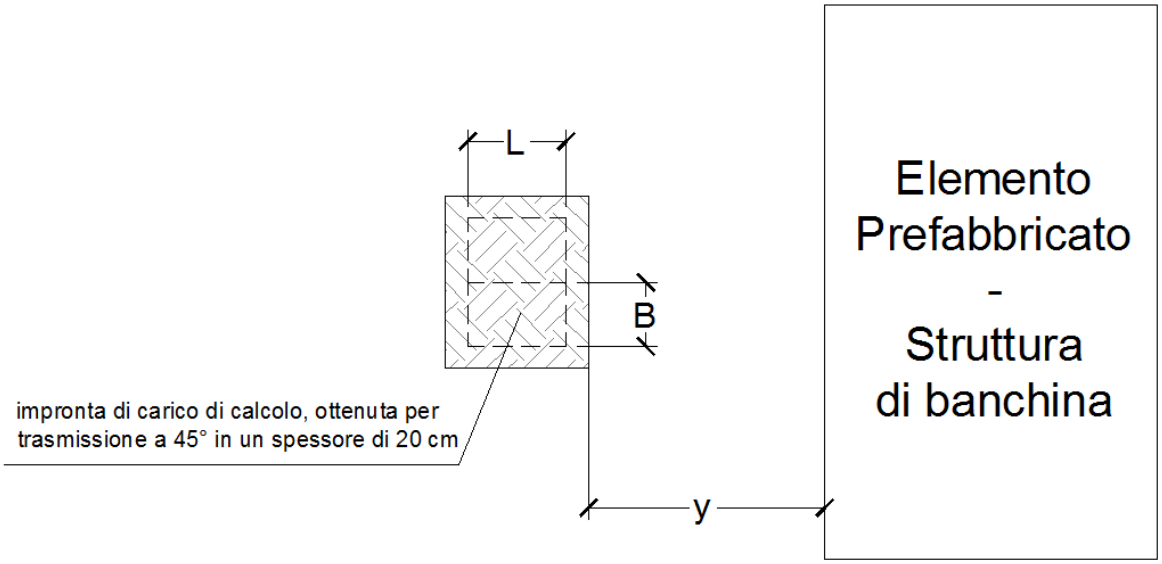


Figura 3: schema geometrico per il calcolo delle sovrappressioni sul terrapieno e delle relative spinte sulla struttura di banchina. L (=0.58 m) e B (=0.89 m) rappresentano le dimensioni dell'impronta del singolo pneumatico.

I risultati conseguiti sono stati determinati ipotizzando che l'impronta di carico per il calcolo delle sovrappressioni, baricentrica rispetto al generico elemento prefabbricato (Muro-Cassone; Massi Sovrapposti), disti y dal filo interno della struttura di banchina, cioè dal qual piano verticale su cui idealmente agiscono le spinte del terreno.

Struttura di banchina realizzata con elemento prefabbricato muro-cassone (y=2m)								
$S_{z,TL}$	Br_{Sz}	$M_{Sz\text{-}TL}$	$S_{x,TL}$	Br_{Sx}	$M_{Sx\text{-}TL}$	**$S_{y,TL}$**	**Br_{Sy}**	**$M_{Sy\text{-}TL}$**
(kN)	*(m)*	*(kN m)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
97.19	1.49	144.96	167.88	2.46	413.13	**25.50**	**2.41**	**61.36**

Tabella 1: Risultati delle sovrappressioni indotte nel terreno dal carico uniformemente distribuito del Travel Lift e relativi momenti valutati rispetto al centro di istantanea rotazione, posto alla base del lato esterno della fondazione

Struttura di banchina realizzata in massi sovrapposti (y=1 m) (Azioni calcolate rispetto alla quota di -0,30 m s.l.m.m.)								
$S_{z,TL}$	Br_{Sz}	M_{Sz-TL}	$S_{x,TL}$	Br_{Sx}	M_{Sx-TL}	$S_{y,TL}$	Br_{Sy}	M_{Sy-TL}
(kN)	*(m)*	*(kN m)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
81.43	0.48	38.93	148.11	0.77	113.36	**44.15**	**0.73**	**32.34**

Tabella 2: Risultati delle sovrappressioni indotte nel terreno dal carico uniformemente distribuito del Travel Lift e relativi momenti valutati rispetto al centro di istantanea rotazione, posto alla base del lato esterno della piano di imbasamento del masso prefabbricato di sommità

Struttura di banchina realizzata in massi sovrapposti (y=1 m) (Azioni calcolate rispetto alla quota di -1,90 m s.l.m.m.)								
$S_{z,TL}$	Br_{Sz}	M_{Sz-TL}	$S_{x,TL}$	Br_{Sx}	M_{Sx-TL}	$S_{y,TL}$	Br_{Sy}	M_{Sy-TL}
(kN)	*(m)*	*(kN m)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
228.92	1.28	293.71	203.90	2.00	407.03	**63.67**	**1.91**	**121.86**

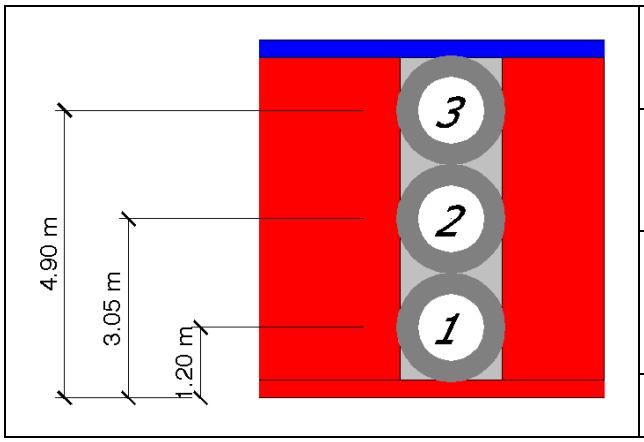
Tabella 3: Risultati delle sovrappressioni indotte nel terreno dal carico uniformemente distribuito del Travel Lift e relativi momenti valutati rispetto al centro di istantanea rotazione, posto alla base del lato esterno della piano di imbasamento del masso prefabbricato intermedio

Struttura di banchina realizzata in massi sovrapposti (y=1 m) (Azioni calcolate rispetto alla quota di -3,50 m s.l.m.m.)								
$S_{z,TL}$	Br_{Sz}	M_{Sz-TL}	$S_{x,TL}$	Br_{Sx}	M_{Sx-TL}	$S_{y,TL}$	Br_{Sy}	M_{Sy-TL}
(kN)	*(m)*	*(kN m)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
323.38	2.30	742.29	217.07	3.44	746.00	**68.84**	**3.32**	**228.69**

Tabella 4: Risultati delle sovrappressioni indotte nel terreno dal carico uniformemente distribuito del Travel Lift e relativi momenti valutati rispetto al centro di istantanea rotazione, posto alla base del lato esterno della piano di imbasamento del masso prefabbricato inferiore

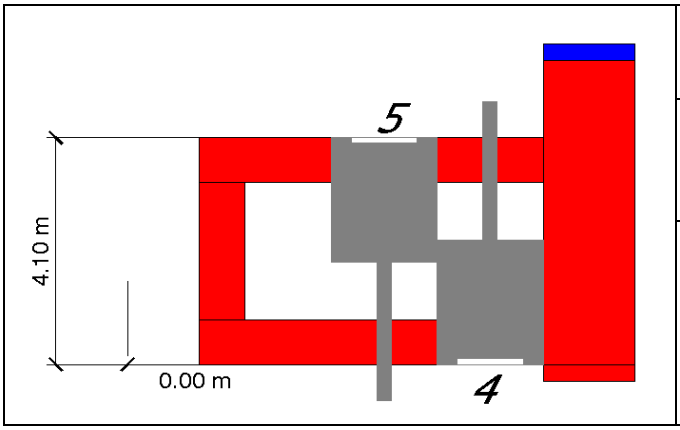
5.5 Spinte indotte dal moto ondoso sul muro paraonde della diga di sopraflutto

Le azioni indotte dal moto ondoso sul muro paraonde della diga di sopraflutto sono state ricavate a partire dalle pressioni misurate mediante 5 trasduttori nell'ambito dello studio su modello fisico commissionato al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze e documentato integralmente nella relazione dal titolo "Studio su modello per il porto di Pietra Ligure. Progetto, costruzione e strumentazione del modello in scala". Si riportano di seguito gli schemi grafici con indicate le posizioni dei trasduttori ed i risultati ottenuti.



	Pressione Media [Kg/cmq]	Pressione Max [Kg/cmq]
Trasduttore 3	0.01	0.04
Trasduttore 2	0.01	0.04
Trasduttore 1	0.03	0.17

Tabella 5: Misure delle pressioni agenti frontalmente (scala prototipo).



	Pressione Media [Kg/cmq]	Pressione Max [Kg/cmq]
Trasduttore 5	0.01	0.01
Trasduttore 4	0.04	0.16

Tabella 6: Misure delle pressioni agenti a tergo del muro paraonde (scala prototipo).

A partire dai valori di pressione massima misurati dai 5 trasduttori, si sono ricavati i diagrammi delle pressioni idrauliche (statiche + dinamiche) e delle sottopressioni agenti rispettivamente sul muro paraonde e sul complesso "muro paraonde - elemento scatolare". In particolare, il diagramma delle pressioni agenti sul paramento esterno del muro, presenta un andamento costante pari a 0.04 kg/cm^2 (per l'altezza compresa tra il coronamento e la quota di posizionamento del trasduttore 2, per poi crescere linearmente verso il valore misurato dal trasduttore 1 fino a raggiungere il valore di circa 0.25 kg/cm^2 ($P_{s\text{-}w,max}$) in corrispondenza del taglione. Il diagramma delle sottopressioni è stato ricavato per interpolazione lineare tra questo valore e quello nullo assunto sul lato interno del manufatto. Tale scelta risulta a vantaggio di sicurezza, fornendo in corrispondenza del trasduttore 4 un valore di circa 0.19 kg/cm^2, maggiore di quello registrato nelle prove di laboratorio e pari a 0.16 kg/cm^2.

Nella seguenti tabelle si riportano i valori delle sollecitazioni calcolate.

	S_{w-d}	b_{w-d}	M_{w-d}
Spinta idrodinamica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sopraflutto	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
	56.0	1.6	88.8

Tabella 7: Spinta idrodinamica e relativo momento valutato rispetto al centro di istantanea rotazione, traccia dell'asse di rotazione ubicata sul lato interno ed alla base della fondazione del muro stesso

	S_S	b_S	MS_S
Sottospinta esercitata alla base della fondazione del muro paraonde	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
	94.8	5.1	480.4

Tabella 8: Spinta idrodinamica e relativo momento valutato rispetto al centro di istantanea rotazione, traccia dell'asse di rotazione ubicata sul lato interno ed alla base della fondazione del muro stesso

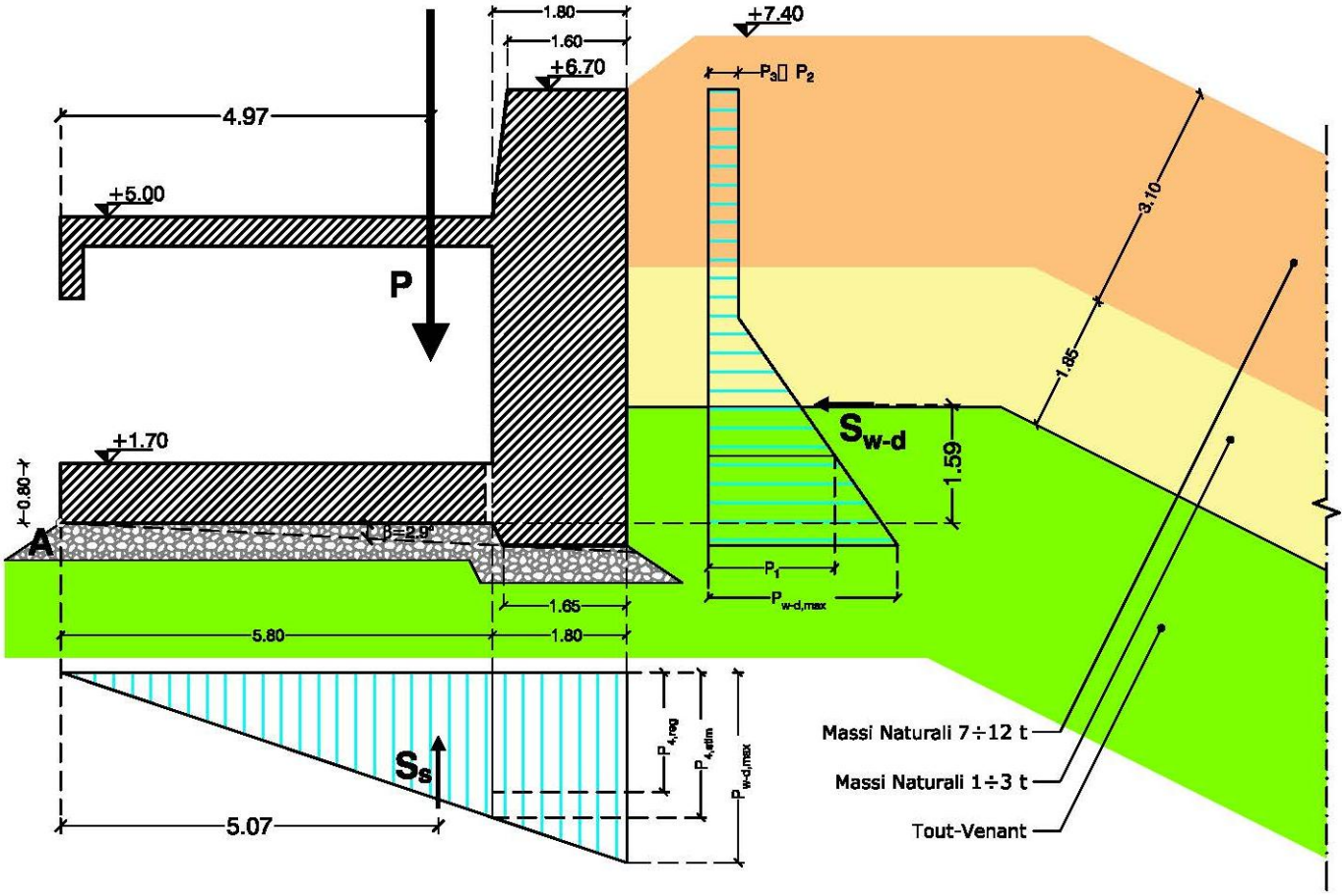


Figura 4: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sul muro paraonde della diga di sopraflutto. Scala geometrica 1:100

5.6 Spinte indotte dal moto ondoso sul muro paraonde della diga di sottoflutto

Le azioni dinamiche indotte dal moto ondoso sul paramento esterno della diga di sottoflutto sono state valutate considerando quale risalita ondosa massima la quota raggiunta dall'estradosso dalla mantellata, posta a quota di + 5.00 m s.l.m., ove il valore della pressione dinamica è calcolato attraverso la seguente relazione:

$$P_d = \gamma_w \cdot {}^{d_b}\!/_{2} \tag{12}$$

con

- γ_w peso specifico dell'acqua di mare espresso in kN/m^3;
- d_b profondità al piede della diga.

Come si rileva dalla Figura 5, il diagramma delle pressioni dinamiche generate dal moto ondoso decresce linearmente fino ad annullarsi in corrispondenza della superficie di separazione tra la mantellata e lo strato filtro della diga di sottoflutto.

Fissando il piano dei carichi idrostatici coincidente con la quota raggiunta dal moto ondoso, la pressione idrostatica al piede del muro paraonde è calcolata attraverso la seguente relazione:

$$P_s = \gamma_w \cdot H_p \tag{13}$$

con

- γ_w peso specifico dell'acqua di mare espresso in kN/m^3;
- H_p altezza del muro paraonde compresa tra il piede dello stesso e il p.c.i.

Le sottopressioni sono state ridotte dalla presenza di opportune canne di sfiato annegate nel calcestruzzo del solettone di base del muro, ove, secondo quanto riportato sulle "Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Marittime" emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, la sottopressione si porta "alla pressione corrispondente alla quota di sfogo", in simboli:

$$P_{sp} = \gamma_w \cdot s_s \tag{14}$$

con

- γ_w peso specifico dell'acqua di mare espresso in kN/m^3;
- s_s spessore del solettone di base del muro paraonde espresso in m.

Nel caso di sottosuolo permeabile ed in corrispondenza del lato interno del solettone di base del muro paraonde la sottopressione tende ad annullarsi. Pertanto il diagramma delle sottopressioni ha un andamento lineare, determinato per interpolazione lineare tra i valori di pressione precedentemente ricavati.

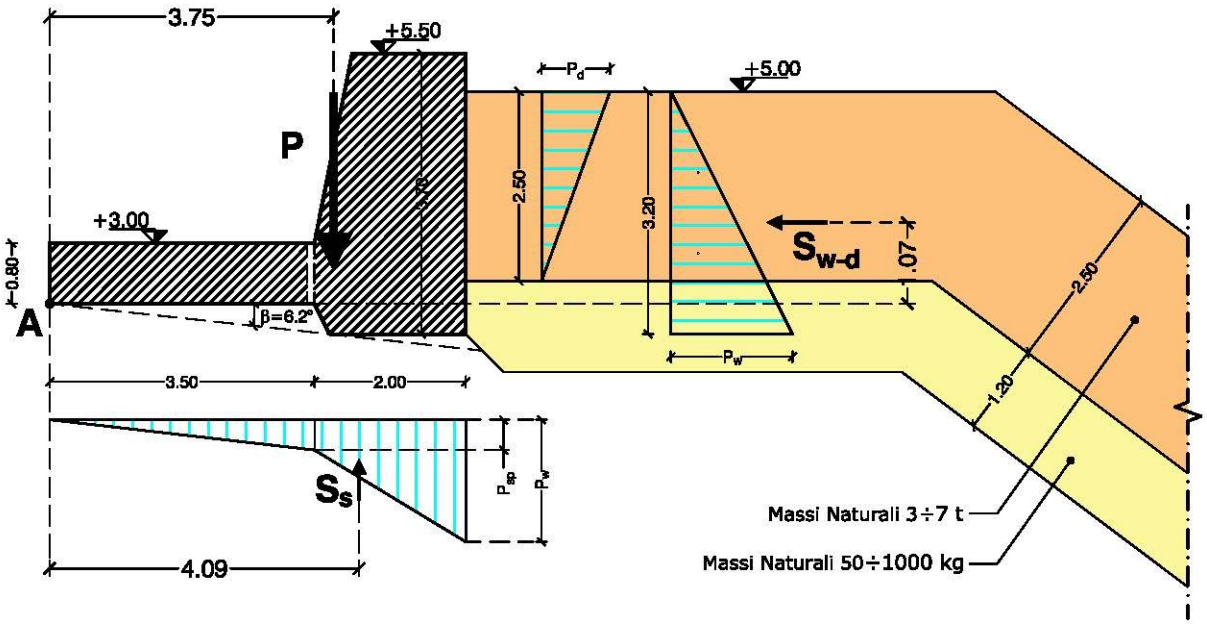


Figura 5: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sul muro paraonde della diga di sottoflutto. Scala geometrica 1:100

Nella seguenti tabelle si riportano i valori delle sollecitazioni calcolate.

	S_{w-d}	b_{w-d}	M_{w-d}
Spinta idrodinamica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sopraflutto	*[kN]*	*[m]*	*[kN m]*
	74.08	1.07	79.04

Tabella 9: Spinta idrodinamica e relativo momento valutato rispetto al centro di istantanea rotazione, traccia dell'asse di rotazione ubicata sul lato interno ed alla base della fondazione del muro stesso

	S_S	b_S	MS_S
Sottospinta esercitata alla base del complesso "muro paraonde - elemento scatolare"	*[kN]*	*[m]*	*[kN m]*
	54.28	4.09	222.01

Tabella 10: Spinta idrodinamica e relativo momento valutato rispetto al centro di istantanea rotazione, traccia dell'asse di rotazione ubicata sul lato interno ed alla base della fondazione del muro stesso

5.7 Tiro alla bitta

Per quanto esposto nel par. 4.3, il massimo tiro alla bitta è stato posto pari a T=102.64 KN. Tale azione, schematizzata come una forza orizzontale agente sul coronamento del muro-cassone in direzione ortogonale al filo banchina, genera un momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) pari a:

$$M_{Bitta} = T_{bitta} \quad H \tag{15}$$

dove H è l'altezza complessiva del muro-cassone + l'altezza della sovrastruttura

5.8 Spinta del terreno in condizioni sismiche

La spinta del terreno in condizioni sismiche ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti espressione:

$$S_{Ter} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AD} \gamma_d H_d^2 + (1 \pm k_v) K_{AS} \gamma_d H_d H_s + \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AS} \gamma' H_s^2 \tag{16}$$

$$M_{Ter} = \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AD} \gamma_d H_d^2 \times \left(H_s + \frac{H_d}{3} \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} \gamma_d H_d H_s \times \frac{H_s}{2} + \frac{1}{2}(1 \pm k_v) K_{AS} \gamma' H_s^2 \times \frac{H_s}{3} \tag{17}$$

ove:

- k_v è il coefficiente sismico verticale previsto dal D.M.14/01/08;
- K_{AD} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- K_{AS} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- γ_d è il peso secco dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- H_d è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del livello marino);
- H_s è l'altezza satura del terreno (al di sotto del livello marino).

Il coefficiente di spinta del terreno è valutato per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e per sisma agente verso il basso ↓ (+), nei due casi di terreno al di sopra ed al di sotto del livello marino attraverso l'espressione di Mononobe-Okabe:

$$K_{a,MO}^{\pm} = \frac{\sin^2(\psi + \phi_d' - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_d' + \delta_d)\sin(\phi_d' - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta)\sin(\psi + \beta)}} \right]^2} \tag{18}$$

dove:

- $\phi_d' = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}} \right)$ valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;
- $\gamma_{\phi'}$ coefficiente di resistenza geotecnica previsto dal D.M. 14/01/08;

- ψ è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte;
- β è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno;
- $\delta_d = 0$ valore di progetto dell'angolo di attrito tra terreno e muro;
- θ è l'angolo definito nell'espressione riportata di seguito:

nel caso di terreni in condizioni drenate sotto falda:

$$\theta = \arctan\left[\frac{\gamma_d \cdot k_h}{\gamma'(1 \pm k_v)}\right]$$

nel caso di terreni sopra falda:

$$\theta = \arctan\left[\frac{k_h}{(1 \pm k_v)}\right]$$

con k_h e k_v coefficienti sismici orizzontale e verticale previsti dal D.M.14/01/08.

5.9 Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione in c.a.

La spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dalla pavimentazione industriale in c.a. Δq_{pav} ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti
espressione:

$$F_{pav} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_{pav} H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_{pav} H_s \qquad (19)$$

$$M_{pav} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_{pav} H_d \times \left(\frac{H_d}{2} + H_s\right) + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_{pav} H_s \times \frac{H_s}{2} \qquad (20)$$

dove:

- k_v è il coefficiente sismico verticale;
- K_{AD} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- K_{AS} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- γ_d è il peso secco dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- H_d è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s è l'altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

5.10 Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina

La spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal sovraccarico accidentale Δq_b ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono dati dalle seguenti
espressione:

$$F_{Acc} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_b H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_b H_s \tag{21}$$

$$M_{Acc} = (1 \pm k_v) K_{AD} \Delta q_b H_d \times \left(\frac{H_d}{2} + H_s \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} \Delta q_b H_s \times \frac{H_s}{2} \tag{22}$$

dove:

- k_v è il coefficiente sismico verticale;
- K_{AD} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- K_{AS} è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Mononobe-Okabe);
- γ_d è il peso secco dell'unità di volume del terreno di rinfianco;
- γ' è il peso di volume immerso del terreno di rinfianco;
- H_d è l'altezza asciutta del terreno (al di sopra del l.m.m.);
- H_s è l'altezza satura del terreno (al di sotto del l.m.m.).

5.11 Spinta idrodinamica indotta dal sisma

Secondo quanto previsto dalla Normativa vigente, "(…) Per opere particolari con terrapieno in falda, quali opere marittime,…" si devono valutare gli effetti indotti dal sisma sull'acqua interstiziale. Nel caso di terreno ad elevata permeabilità ($k > 5 \cdot 10^{-4}$ m/s) "*(…) gli effetti indotti dall'azione sismica sul terreno e sull'acqua devono essere valutati separatamente*" mediante analisi disaccoppiata. La pressione dell'acqua dovuta ad effetti idrodinamici indotti dal sisma ed agente sulle pareti esterne del muro, può essere determinata attraverso la relazione ricavata da Westergaard (1931):

$$q(z) = \mp \frac{7}{8} k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{H_w \cdot z} \tag{23}$$

dove:

- k_h è il coefficiente di spinta sismica orizzontale previsto dal D.M.14/01/08;
- γ_w è il peso specifico dell'acqua marina valutato in kN/m^3;
- H_w è il tirante idrico espresso in metri;
- z è l'affondamento idrico determinato rispetto al l.m.m. e viene espresso in metri.

La risultante delle pressioni idrodinamiche, determinata per integrazione lungo z dell'equazione precedete, assume la seguente espressione:

$$F_w = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot H_w^2 \tag{24}$$

La spinta idrodinamica F_w ha verso concorde con le forze d'inerzia orizzontali agenti sul muro di banchina e va applicata ad una distanza dal piede della parete pari a 0,4 H_w.

5.12 Forze di massa indotta dal sisma

Nella fase sismica, oltre alle forze considerate, la normativa prevede che alle masse del muro di sostegno vengano applicate una forza orizzontale ed una verticale (orientata verso l'alto o verso il basso) date dalle seguenti relazioni:

- forza orizzontale: $F_H = k_h \times W$
- forza verticale: $F_V = \pm k_v \times W$

dove:

- W è il peso del singolo elemento della struttura;
- k_h e k_v coefficienti sismici orizzontale e verticale previsti dal D.M. 14/01/08.

6. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Le verifiche dei muri di banchina e dei muri paraonde sono state condotte, in conformità a quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni" e nel rispetto della normativa riportata nel par. 2, attraverso il metodo dei coefficienti parziali secondo cui gli effetti delle condizioni di carico non devono superare quelle compatibili con lo stato limite considerato. Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi quanto detto si traduce nel rispetto della seguente disequazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- E_d valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

L'effetto delle azioni e della resistenza possono essere espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d, mentre nella formulazione della resistenza compare un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema:

$$E_d = E\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

I valori delle azioni di progetto possono essere esplicitate mediante le seguenti combinazioni:

Combinazione SLU: $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{k2} + \ldots$

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \ldots$

dove:

- G_1 sono i carichi permanenti strutturali;
- G_2 sono i carichi permanenti non strutturali;
- E azione sismica;
- Q_{k1} azione variabile dominante;
- Q_{kj} azioni variabili restanti;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili;
- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;
- Ψ_{0j}, Ψ_{2j} coefficienti di combinazione delle azioni.

Per le opere in progetto la verifica condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata secondo almeno uno dei seguenti approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 1: (A2+M2+R2)
-

Approccio 2: (A1+M1+R3)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle seguenti tabelle:

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F	(A) EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 11: Coefficienti parziali per le azioni - D.M. 14 Gennaio 2008

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente Parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi_k'$	γ_ϕ'	1.0	1.25
Coesione efficace	c_k'	γ_c'	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Tabella 12: Coefficienti parziali per le resistenze del terreno - D.M. 14 Gennaio 2008

VERIFICA	Coefficiente Parziale (R1)	Coefficiente Parziale (R2)	Coefficiente Parziale (R3)
capacità portante della fondazione	γ_R=1.0	γ_R=1.0	γ_R=1.4
Scorrimento	γ_R=1.0	γ_R=1.0	γ_R=1.1
Resistenza del terreno a valle	γ_R=1.0	γ_R=1.0	γ_R=1.4

Tabella 13: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche STR e GEO - D.M. 14 Gennaio 2008

6.1 Coefficienti di combinazione delle azioni adottati

Nelle verifiche riportate nei paragrafi successivi, sono stati utilizzati i seguenti coefficienti di combinazione delle azioni:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{2j}
Sovraccarico di banchina	0.7	0.3
Travel Lift	0.7	0.3
Tiro alla bitta	0.6	0

Tabella 14: Coefficienti di combinazione dei carichi accidentali utilizzati

I valori dei coefficienti di combinazione del tiro alla bitta sono stati associati per analogia quello previsto dal D.M. 14/08/08 per il vento (Ψ_{0j}=0.6,Ψ_{2j}=0). Il valori per il sovraccarico di banchina e per l'azione verticale trasmessa dal Travel Lift sono stati associati per analogia a quelli previsti dal D.M. 14/08/08 per rimesse e parcheggi per autoveicoli di peso ≥30 kN (Ψ_{0j}=0.7,Ψ_{2j}=0.3).

6.2 Coefficienti parziali adottati per le azioni, per le resistenze e per le verifiche

Nel seguito vengono riportati sinteticamente tutti i coefficienti parziali utilizzati nelle verifiche di stabilità dei muri di banchina e dei muri paraonde.

6.2.1 Muri di banchina – Stato Limite Ultimo e Stato limite di Salvaguardia della Vita

Verifiche GEO alla traslazione:

- Approccio 1 - Combinazione 1 - (A1+M1+R1):

A1						M1		R1
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_{R}
1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	scorrimento

- Approccio 1 - Combinazione 2 - (A2+M2+R2):

A2						M2		R2
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_{R}
1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	scorrimento

Verifiche EQU al ribaltamento:

- Combinazione: (A_{EQU}+M2)

A_{EQU}						M2		R2
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_{R}
0.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3	1.0	1
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta q_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	ribaltamento

Verifiche GEO alla schiacciamento:

- Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3):

A1						M1		R1
$\gamma_{G1,fav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{G2,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_{R}
1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	2.3
peso proprio	spinta pav.	spinta terreno	spinta Δq_b	Tiro alla bitta	Travel Lift	terreno	terreno	capacità portante

In ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche sulle costruzioni", i coefficienti parziali relativi alle azioni ed adottati nelle verifiche allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, combinazione sismica ($E+G_1+G_2+P+\Psi_{21}Q_{k1}+\Psi_{22}Q_{k2}+...$), sono sempre unitari. Infine per i coefficienti parziali relativi ai materiali ed alle resistenze si adottano quelli utilizzati nelle verifiche allo SLU.

6.2.2 Muro paraonde – Stato Limite Ultimo

Verifiche GEO alla traslazione:

- Approccio 1 - Combinazione 1 - (A1+M1+R1):

A1						M1		R1
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.0	0.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1
$p\text{-}p_N$	$p\text{-}p_T$	$S_{w\text{-}d,N}$	$S_{w\text{-}d,T}$	$S_{s,N}$	$S_{s,T}$	terreno	terreno	scorrimento

- Approccio 1 - Combinazione 2 - (A2+M2+R2):

A2						M2		R2
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.0	0.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.1
$p\text{-}p_N$	$p\text{-}p_T$	$S_{w\text{-}d,N}$	$S_{w\text{-}d,T}$	$S_{s,N}$	$S_{s,T}$	terreno	terreno	scorrimento

con:

Componenti delle azioni ortogonali al piano di fondazione	
Abbreviazione	**Descrizione**
$p\text{-}p_N$	Peso proprio
w-d,N	Spinta dinamica e statica del moto ondoso
s,N	Sottospinta del moto ondoso

Componenti delle azioni tangenti al piano di fondazione	
Abbreviazione	**Descrizione**
$p\text{-}p_T$	Peso proprio
w-d,T	Spinta dinamica e statica del moto ondoso
s,T	Sottospinta del moto ondoso

Verifiche EQU al ribaltamento:

- Combinazione: (AEQU+M2)

A_{EQU}			M2		R
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_R
0.9	1.5	1.5	1.3	1.0	1
peso proprio	Spinta dinamica e statica del moto ondoso	Sottospinta del moto ondoso	terreno	terreno	ribaltamento

Verifiche GEO alla schiacciamento:

- Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3):

A1			M1		R3
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}	γ_R
1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	2.3
peso proprio	Spinta dinamica e statica del moto ondoso	Sottospinta del moto ondoso	terreno	terreno	capacità portante

6.3 Verifiche di stabilità

6.3.1 Verifiche alla traslazione

La condizione di stabilità alla traslazione dei muri di banchina e dei muri paraonde è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

- R_d è dato dal prodotto della risultante della combinazione delle forze favorevoli per il coefficiente di attrito μ;
- E_d è la risultante della combinazione delle forze sfavorevoli.

Per il coefficiente di attrito μ si assumono i seguenti valori:

- $\mu=\tan(\phi_d)$ nel caso di verifica rispetto alla base della fondazione dell'intero muro, essendo ϕ_d l'angolo di attrito interno di progetto del terreno, ottenuto come:

$$\phi_d = \arctan\left(\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_{\varphi'}}\right)$$

  ove $\gamma_{\varphi'}$ è il coefficiente parziale riportato nella Tab. 6.2.II delle NTC 08 dei coefficienti parziali per i parametri geotecnici;

- $\mu_{cls\text{-}cls}$ =0,4 nel caso di verifica rispetto all'interfaccia masso-masso, essendo $\mu_{cls\text{-}cls}$ il coefficiente di attrito statico per il calcestruzzo

6.3.2 Verifiche al ribaltamento

La condizione di stabilità alla rotazione dei muri di banchina e dei muri paraonde è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

dove:

- R_d è dato dalla risultante della combinazione dei momenti favorevoli (stabilizzanti);
- E_d è la risultante della combinazione dei momenti sfavorevoli (ribaltanti).

6.3.3 Verifiche della capacità portante in condizioni drenate

La verifica a collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stata accertata verificando la condizione:

$$R_d / E_d > 1$$

con:

- R_d coincidente con la tensione limite q_{lim} ammessa dal terreno;
- E_d pari alla pressione massima agente sul terreno in conseguenza dell'applicazione della combinazione delle azioni considerata.

Per la valutazione del carico unitario limite si adotta la formulazione di Brinch-Hansen (25) per fondazione nastriforme e carico inclinato.

$$q_{\lim} = c \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \quad (25)$$

con:

- N_c , N_q , N_γ fattori di capacità portante dipendenti dall'angolo di attrito ϕ';
- i_c , i_q , i_γ fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- d_c , d_q , d_γ fattori correttivi che dipendono dalla profondità del piano di posa;

Nelle verifiche effettuate, il coefficiente γ è stato assunto pari al peso secco dell'unità di volume γ_d, nel caso di piano di fondazione sopra il l.m.m., e coincidente al peso immerso dell'unità di volume γ', nel caso di piano di fondazione posto sotto il l.m.m.. Conformemente a quanto disposto dalle NTC 08 non si considera il contributo offerto dalla presenza del masso guardiano o dei massi di protezione al piede; pertanto per il valore della pressione q agente a valle del muro ed a tergo del piano di fondazione si assume sempre il valore nullo. Tale scelta risulta cautelativa ed a vantaggio di sicurezza. Per il calcolo dei fattori di inclinazione i_q ed i_γ si adotta la formulazione di Hansen (1970), "(…) usando però un esponente 2 nell'espressione di i_q e di 3 in quella di i_γ, invece del 5…" come indicato nel testo "Foundation Analysis and Design" (Joseph E. Bowles, 1988). Rimossa l'ipotesi di carico baricentrico, il valore B' della base ridotta, definita come la minima superficie rispetto alla quale il carico risulta centrato (Meyerhof, 1953), è stato calcolato come:

- B'=B-2e nel caso di sezione interamente reagente, con B larghezza della fondazione ed e eccentricità data da:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M_A}{E_d}$$

  ove M_A rappresenta la risultante dei momenti calcolati rispetto al polo di rotazione A ed E_d risultante delle azioni verticali;

- B'=2u nel caso di parzializzazione della sezione di fondazione. In questo caso la larghezza della sezione reagente risulta pari al doppio della distanza u tra il punto di applicazione delle azioni verticali E_d ed il lembo compresso della sezione.

7. VERIFICHE BANCHINA CANTIERE NAUTICO

I muri di banchina del Cantiere Nautico sono stati verificati considerando un carico accidentale uniformemente distribuito sul terrapieno posto a tergo dell'elemento prefabbricato muro-cassone. A partire dallo schema statico riportato nella sottostante Figura 6, relativo alla sez. E-E, si sono calcolate tutte le azioni agenti sulla struttura di banchina. Per la descrizione geometrica di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici progettuali. Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni eseguite.

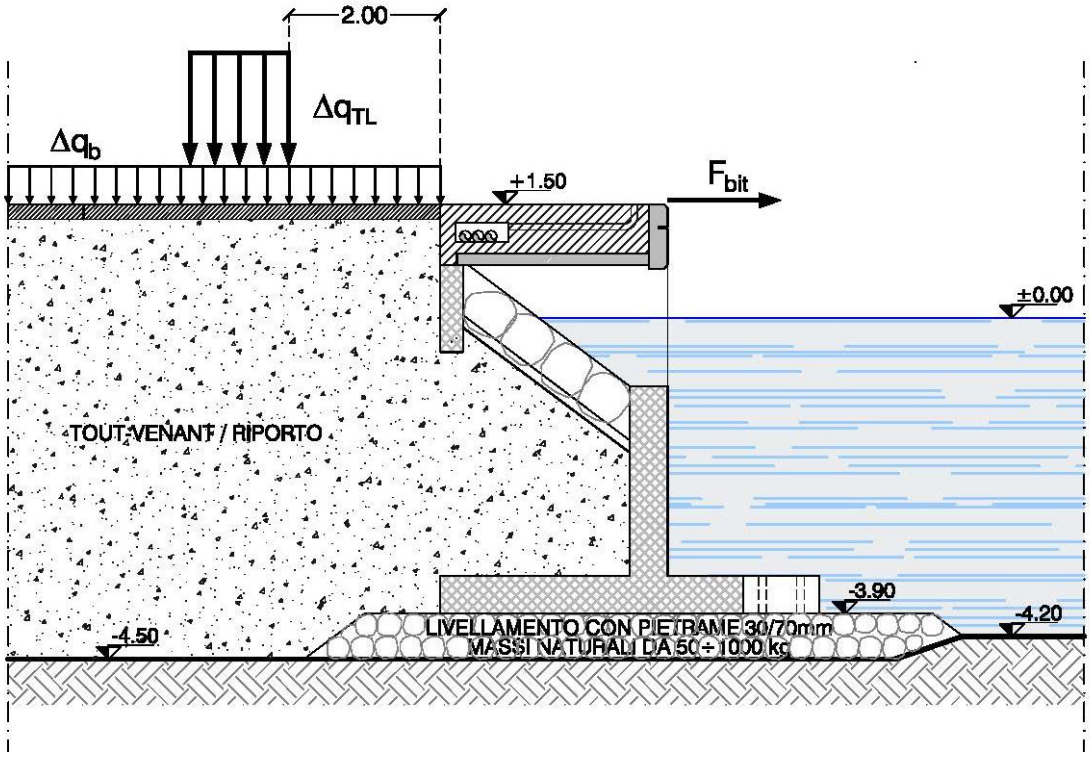


Figura 6: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sulla banchina del Cantiere Nautico
Scala geometrica 1:100

Nel caso in esame, sia il calcolo delle azioni che le relative verifiche sono state eseguite per un tratto di banchina di lunghezza pari a 5 m, coincidente con lo sviluppo longitudinale del singolo elemento prefabbricato Muro-Cassone.

Calcolo Azioni: Combinazione A1+M1

1) Peso Proprio del Muro-Cassone (al netto della sottospinta) e relativo momento rispetto al polo A

Elementi geometrici in	Componente statica					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	2.06	24.5	-	50.53	2.63	132.64
elemento 2	3.70	24.5	-	113.31	2.18	246.45
elemento 3	0.53	24.5	-	21.44	3.45	73.96
elemento 4	0.40	24.5	-	12.25	3.90	47.78
elemento 5	0.88	24.5	-	24.50	1.13	27.56
elemento 6	2.06	24.5	-	50.53	2.63	132.64
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	1.06	24.5	-	22.64	3.85	87.16
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.86	-	14.45	8.58	3.85	33.04
elemento 8° (sopra il l.m.m.)	1.44	24.5	-	28.30	2.63	74.42
elemento 8b (sotto il l.m.m.)	6.12	-	14.45	81.05	2.63	213.17
elemento 9	5.50	-	14.45	79.46	1.25	99.33
elemento 10	10.00	-	14.45	144.48	2.00	288.96

Materiale di cava	V	γ_{terra}	γ'_{terra}	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	7.26	-	8.97	65.11	2.49	162.13
elemento 12	7.99	-	8.97	71.62	2.97	212.49
elemento 13	3.63	-	8.97	34.92	3.85	134.46
elemento 14	17.42	-	8.97	141.08	2.60	366.81

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	949.82	**2.46**	**2333.01**

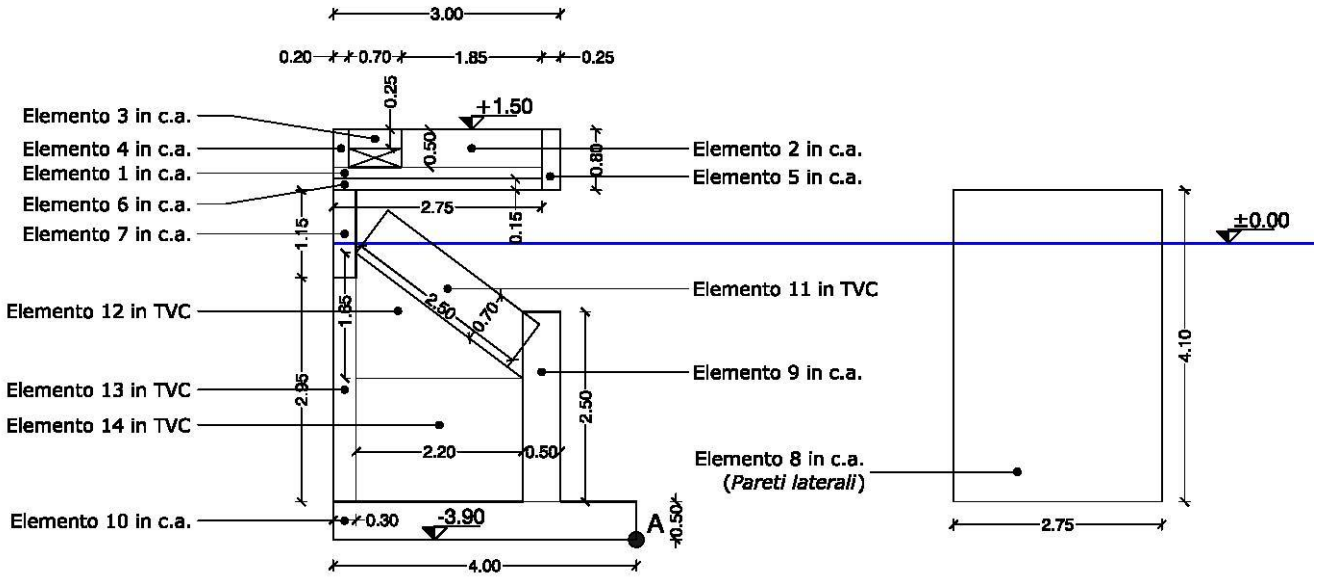


Figura 7: Sezione trasversale per il calcolo della forza peso di una porzione di banchina del Cantiere Nautico di lunghezza pari alla lunghezza dell'elemento Muro-Cassone.

Spinta del terreno

In assenza di sisma

Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.217	2.76	4.33	11.94
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.217	16.54	1.95	32.25
		-	8.97	0.217	14.83	1.30	19.28
RISULTANTE AL METRO					34.12	1.86	63.47

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	170.62	**1.86**	**317.35**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno *Sisma agente verso l'alto ↑ (-)*	H *(m)*	γ *(kN/m^3)*	γ' *(kN/m^3)*	K^-_{MO} *(-)*	$1-k^-_v$ *(-)*	$F_{o,ter}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{ter} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	0.98	2.94	4.33	12.73
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.250	0.98	18.65	1.95	36.37
		-	8.97	0.250	0.98	16.73	1.30	21.75
RISULTANTE AL METRO						38.32	1.85	70.85

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	191.59	**1.85**	**354.25**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno *Sisma agente verso il basso ↓ (+)*	H *(m)*	γ *(kN/m^3)*	γ' *(kN/m^3)*	K^+_{MO} *(-)*	$1+k^+_v$ *(-)*	$F_{o,ter}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{ter} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	1.02	3.07	4.33	13.31
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.252	1.02	19.54	1.95	38.10
		-	8.97	0.252	1.02	17.52	1.30	22.78
RISULTANTE AL METRO						40.13	1.85	74.19

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	200.66	**1.85**	**370.94**

2) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5.20	0.217	4.90	5.54	2.60	14.41
RISULTANTE AL METRO				5.54	2.60	14.41

Risultante	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	27.70	**2.60**	**72.03**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^-_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	0.98	1.48	4.55	6.72
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.250	4.90	0.98	4.69	1.95	9.14
RISULTANTE AL METRO					6.16	2.57	15.86

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	30.82	**2.57**	**79.29**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^+_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	1.02	1.54	4.55	7.02
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.250	4.90	1.02	4.91	1.95	9.57
RISULTANTE AL METRO					6.45	2.57	16.60

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	32.27	**2.57**	**82.98**

3) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina ·qb

In assenza di sisma

Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5.20	0.217	20.00	22.61	2.60	58.80
RISULTANTE AL METRO				22.61	2.60	58.80

Risultante	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	113.07	**2.60**	**293.98**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta da Δq_b *Sisma agente verso l'alto ↑ (-)*	H *(m)*	K^-_{MO} *(-)*	Δq_b *(kN/m²)*	$1-k^-_v$ *(-)*	$F_{o,Acc}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{Acc} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	0.98	6.03	4.55	27.43
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.250	20.00	0.98	19.13	1.95	37.30
RISULTANTE AL METRO					25.16	2.57	64.73

Risultante	$F_{o,Acc}$	**braccio**	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	125.79	**2.57**	**323.65**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta da Δq_b *Sisma agente verso il basso ↓ (+)*	H *(m)*	K^+_{MO} *(-)*	Δq_b *(kN/m²)*	$1+k^+_v$ *(-)*	$F_{o,Acc}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{Acc} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	1.02	6.30	4.55	28.67
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.252	20.00	1.02	20.04	1.95	39.08
RISULTANTE AL METRO					26.34	2.57	67.74

Risultante	$F_{o,Acc}$	**braccio**	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	131.70	**2.57**	**338.71**

4) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-1.03	2.63	-2.70	0.041	2.06	4.83	9.92
elemento 2	0.020	-2.30	2.18	-5.01	0.041	4.61	5.15	23.74
elemento 3	0.020	-0.44	3.45	-1.50	0.041	0.87	5.28	4.60
elemento 4	0.020	-0.25	3.90	-0.97	0.041	0.50	5.15	2.57
elemento 5	0.020	-0.50	1.13	-0.56	0.041	1.00	5.00	4.98
elemento 6	0.020	-1.03	2.63	-2.70	0.041	2.06	4.68	9.61
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	0.020	-0.46	3.85	-1.77	0.041	0.92	3.68	3.38
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.020	-0.17	3.85	-0.67	0.041	0.35	4.25	1.48
elemento 8a (sopra il l.m.m.)	0.020	-0.58	2.63	-1.51	0.041	1.15	4.25	4.89
Elemento 8b (sotto il l.m.m.)	0.020	-1.65	2.63	-4.34	0.041	3.30	2.20	7.25
elemento 9	0.020	-1.62	1.25	-2.02	0.041	3.23	1.75	5.66
elemento 10	0.020	-2.94	2.00	-5.88	0.041	5.88	0.25	1.47

Materiale di cava	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	0.020	-1.32	2.49	-3.30	0.04	2.65	3.31	8.77
elemento 12	0.020	-1.46	2.97	-4.32	0.04	2.91	2.68	7.79
elemento 13	0.020	-0.71	3.85	-2.73	0.04	1.42	1.98	2.81
elemento 14	0.020	-2.87	2.60	-7.46	0.04	5.74	1.31	7.53

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	X	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	Y	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-19.32	**2.46**	**-47.45**	**38.64**	**2.76**	**106.46**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	1.03	2.63	2.70	0.041	2.06	4.83	9.92
elemento 2	0.020	2.30	2.18	5.01	0.041	4.61	5.15	23.74
elemento 3	0.020	0.44	3.45	1.50	0.041	0.87	5.28	4.60
elemento 4	0.020	0.25	3.90	0.97	0.041	0.50	5.15	2.57
elemento 5	0.020	0.50	1.13	0.56	0.041	1.00	5.00	4.98
elemento 6	0.020	1.03	2.63	2.70	0.041	2.06	4.68	9.61
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	0.020	0.46	3.85	1.77	0.041	0.92	3.68	3.38
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.020	0.17	3.85	0.67	0.041	0.35	4.25	1.48
elemento 8a (sopra il l.m.m.)	0.020	0.58	2.63	1.51	0.041	1.15	4.25	4.89
Elemento 8b (sotto il l.m.m.)	0.020	1.65	2.63	4.34	0.041	3.30	2.20	7.25
elemento 9	0.020	1.62	1.25	2.02	0.041	3.23	1.75	5.66
elemento 10	0.020	2.94	2.00	5.88	0.041	5.88	0.25	1.47

Materiale di cava	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	0.02	1.32	2.49	3.30	0.04	2.65	3.31	8.77
elemento 12	0.02	1.46	2.97	4.32	0.04	2.91	2.68	7.79
elemento 13	0.02	0.71	3.85	2.73	0.04	1.42	1.98	2.81
elemento 14	0.02	2.87	2.60	7.46	0.04	5.74	1.31	7.53

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	19.32	**2.46**	**47.45**	**38.64**	**2.76**	**106.46**

5) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare Dx ← (+)

Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.041	10.05	3.63	1.56	5.66

Risultante

$F_{o,w}$	**braccio**	**M_w**
(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
3.63	**1.56**	**5.66**

6) Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta

Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta		$F_{o,Bit}$	braccio	M_{Bit}
		(kN)	*(m)*	*(kN m)*
		102.64	5.40	554.27

Risultante

$F_{o,Bit}$	**braccio**	**M_{Bit}**
(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
102.64	**5.40**	**554.27**

7) Spinta del terreno indotta da un Travel Lift da 300 t posto a tergo della struttura di banchina (y=2)

Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN)	*(m)*	*(kN m)*
		70.49	2.75	194.16

Risultante

$F_{o,TL}$	**braccio**	**M_{TL}**
(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
70.49	**2.75**	**194.16**

Calcolo Azioni: Combinazione A2+M2

1) Peso Proprio del Muro-Cassone (al netto della sottospinta) e relativo momento rispetto al polo A

Elementi geometrici in	Componente statica					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	2.06	24.5	-	50.53	2.63	132.64
elemento 2	3.70	24.5	-	113.31	2.18	246.45
elemento 3	0.53	24.5	-	21.44	3.45	73.96
elemento 4	0.40	24.5	-	12.25	3.90	47.78
elemento 5	0.88	24.5	-	24.50	1.13	27.56
elemento 6	2.06	24.5	-	50.53	2.63	132.64
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	1.06	24.5	-	22.64	3.85	87.16
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.86	-	14.45	8.58	3.85	33.04
elemento 8° (sopra il l.m.m.)	1.44	24.5	-	28.30	2.63	74.42
elemento 8b (sotto il l.m.m.)	6.12	-	14.45	81.05	2.63	213.17
elemento 9	5.50	-	14.45	79.46	1.25	99.33
elemento 10	10.00	-	14.45	144.48	2.00	288.96

Materiale di cava	V	γ_{terra}	γ'_{terra}	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	7.26	-	8.97	65.11	2.49	162.13
elemento 12	7.99	-	8.97	71.62	2.97	212.49
elemento 13	3.63	-	8.97	34.92	3.85	134.46
elemento 14	17.42	-	8.97	141.08	2.60	366.81

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	949.82	**2.46**	**2333.01**

2) Spinta del terreno in assenza di sisma

In assenza di sisma

Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.284	3.60	4.33	15.61
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.284	21.62	1.95	42.15
		-	8.97	0.284	19.39	1.30	25.20
RISULTANTE AL METRO					44.61	1.86	82.97

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	223.03	**1.86**	**414.83**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno *Sisma agente verso l'alto ↑ (-)*	H *(m)*	γ *(kN/m^3)*	γ' *(kN/m^3)*	K^-_{MO} *(-)*	$1-k^-_v$ *(-)*	$F_{o,ter}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{ter} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.306	0.98	3.80	4.33	16.48
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.322	0.98	23.98	1.95	46.76
		-	8.97	0.322	0.98	21.51	1.30	27.96
RISULTANTE AL METRO						49.29	1.85	91.20

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	246.46	**1.85**	**456.01**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno *Sisma agente verso il basso ↓ (+)*	H *(m)*	γ *(kN/m^3)*	γ' *(kN/m^3)*	K^+_{MO} *(-)*	$1+k^+_v$ *(-)*	$F_{o,ter}$ *(kN/m)*	braccio *(m)*	M_{ter} *[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.307	1.02	3.97	4.33	17.21
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	15	-	0.324	1.02	25.11	1.95	48.96
		-	8.97	0.324	1.02	22.52	1.30	29.27
RISULTANTE AL METRO						51.60	1.85	95.44

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	257.98	**1.85**	**477.21**

3) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5.20	0.284	4.90	7.24	2.60	18.83
RISULTANTE AL METRO				7.24	2.60	18.83

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	36.21	**2.60**	**94.15**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^-_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	4.90	0.98	1.91	4.55	8.69
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.322	4.90	0.98	6.03	1.95	11.75
RISULTANTE AL METRO					7.94	2.58	20.45

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	39.69	**2.58**	**102.23**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^+_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	4.90	1.02	2.00	4.55	9.08
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.324	4.90	1.02	6.31	1.95	12.30
RISULTANTE AL METRO					8.31	2.58	21.39

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	41.53	**2.58**	**106.93**

4) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina Δq_b ed in assenza di sisma

In assenza di sisma

Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza terrapieno a tergo del Muro-Cassone	5.20	0.284	20.00	29.56	2.60	76.86
RISULTANTE AL METRO				29.56	2.60	76.86

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	147.80	**2.60**	**384.28**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	20.00	0.98	7.80	4.55	35.49
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.322	20.00	0.98	24.60	1.95	47.96
RISULTANTE AL METRO					32.40	2.58	83.45

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	161.98	**2.58**	**417.26**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	20.00	1.02	8.15	4.55	37.08
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.324	20.00	1.02	25.75	1.95	50.21
RISULTANTE AL METRO					33.90	2.58	87.29

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
	169.49	**2.58**	**436.45**

5) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-1.03	2.63	-2.70	0.041	2.06	4.83	9.92
elemento 2	0.020	-2.30	2.18	-5.01	0.041	4.61	5.15	23.74
elemento 3	0.020	-0.44	3.45	-1.50	0.041	0.87	5.28	4.60
elemento 4	0.020	-0.25	3.90	-0.97	0.041	0.50	5.15	2.57
elemento 5	0.020	-0.50	1.13	-0.56	0.041	1.00	5.00	4.98
elemento 6	0.020	-1.03	2.63	-2.70	0.041	2.06	4.68	9.61
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	0.020	-0.46	3.85	-1.77	0.041	0.92	3.68	3.38
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.020	-0.17	3.85	-0.67	0.041	0.35	4.25	1.48
elemento 8a (sopra il l.m.m.)	0.020	-0.58	2.63	-1.51	0.041	1.15	4.25	4.89
Elemento 8b (sotto il l.m.m.)	0.020	-1.65	2.63	-4.34	0.041	3.30	2.20	7.25
elemento 9	0.020	-1.62	1.25	-2.02	0.041	3.23	1.75	5.66
elemento 10	0.020	-2.94	2.00	-5.88	0.041	5.88	0.25	1.47

Materiale di cava	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	0.020	-1.32	2.49	-3.30	0.04	2.65	3.31	8.77
elemento 12	0.020	-1.46	2.97	-4.32	0.04	2.91	2.68	7.79
elemento 13	0.020	-0.71	3.85	-2.73	0.04	1.42	1.98	2.81
elemento 14	0.020	-2.87	2.60	-7.46	0.04	5.74	1.31	7.53

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	X	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	Y	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-19.32	**2.46**	**-47.45**	**38.64**	**2.76**	**106.46**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	1.03	2.63	2.70	0.041	2.06	4.83	9.92
elemento 2	0.020	2.30	2.18	5.01	0.041	4.61	5.15	23.74
elemento 3	0.020	0.44	3.45	1.50	0.041	0.87	5.28	4.60
elemento 4	0.020	0.25	3.90	0.97	0.041	0.50	5.15	2.57
elemento 5	0.020	0.50	1.13	0.56	0.041	1.00	5.00	4.98
elemento 6	0.020	1.03	2.63	2.70	0.041	2.06	4.68	9.61
elemento 7a (sopra il l.m.m.)	0.020	0.46	3.85	1.77	0.041	0.92	3.68	3.38
elemento 7b (sotto il l.m.m.)	0.020	0.17	3.85	0.67	0.041	0.35	4.25	1.48
elemento 8a (sopra il l.m.m.)	0.020	0.58	2.63	1.51	0.041	1.15	4.25	4.89
Elemento 8b (sotto il l.m.m.)	0.020	1.65	2.63	4.34	0.041	3.30	2.20	7.25
elemento 9	0.020	1.62	1.25	2.02	0.041	3.23	1.75	5.66
elemento 10	0.020	2.94	2.00	5.88	0.041	5.88	0.25	1.47

Materiale di cava	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 11	0.02	1.32	2.49	3.30	0.04	2.65	3.31	8.77
elemento 12	0.02	1.46	2.97	4.32	0.04	2.91	2.68	7.79
elemento 13	0.02	0.71	3.85	2.73	0.04	1.42	1.98	2.81
elemento 14	0.02	2.87	2.60	7.46	0.04	5.74	1.31	7.53

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	19.32	**2.46**	**47.45**	**38.64**	**2.76**	**106.46**

6) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare Dx ← (+)

Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.90	0.041	10.05	3.63	1.56	5.66

Risultante

$F_{o,w}$	**braccio**	**M_w**
(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
3.63	**1.56**	**5.66**

7) Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta

Azione orizzontale esercitata dal tiro alla bitta		$F_{o,Bit}$	braccio	M_{Bit}
		(kN)	*(m)*	*(kN m)*
		102.64	5.40	554.27

Risultante

$F_{o,Bit}$	**braccio**	**M_{Bit}**
(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
102.64	**5.40**	**554.27**

8) Spinta del terreno indotta da un Travel Lift da 300 t posto a tergo della struttura di banchina (y=2)

Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN)	*(m)*	*(kN m)*
		70.49	2.75	194.16

Risultante

$F_{o,TL}$	**braccio**	**M_{TL}**
(kN/m)	***(m)***	***(kN m)***
70.49	**2.75**	**194.16**

7.1 Verifiche SLU

7.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.5	-	27.7	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	170.6	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5	0.7	113.1	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.5	0.6	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.5	0.7	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Acc}+\psi_{02}\cdot F_{o,Bit})$				**559.47**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.70 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Travel Lift (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,TL}+\psi_{02}\cdot F_{o,Bit})$				**495.59**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.92 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 3: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Bit}+\psi_{04}\cdot F_{o,Acc})$				**570.17**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.67 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 4: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Travel Lift					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Bit}+\psi_{03}\cdot F_{o,TL})$				**525.46**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.81 > 1.0**	

7.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.3	-	36.2	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.3	-	223.0	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.3	0.7	147.8	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.3	0.6	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.3	0.7	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**759.86**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Acc}+\psi_{02}\cdot F_{o,Bit})$				**609.21**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.25 >**	**1.1**

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Travel Lift (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**759.86**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,TL}+\psi_{02}\cdot F_{o,Bit})$				**508.71**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.49 >**	**1.1**

Combinazione di carico n° 3: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**759.86**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Bit}+\psi_{04}\cdot F_{o,Acc})$				**604.95**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.26 >**	**1.1**

Combinazione di carico n° 4: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Travel Lift					
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$				**759.86**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot(F_{o,Bit}+\psi_{03}\cdot F_{o,TL})$				**534.59**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**1.42 >**	**1.1**

7.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+M2

	coefficienti SLU		M_{stab}	M_{rib}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	0.9	-	2333.0	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.5	-	-	94.1
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	-	414.8
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5	0.7	-	384.3
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.5	0.6	-	554.3
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.5	0.7	-	194.2

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,Tot}$				**2099.71**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,pav} + M_{rib,ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib,Acc} + \psi_{02} \cdot M_{rib,Bit})$				**1838.74**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→**	**1.14 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Travel Lift (Dominante) + Tiro alla bitta					
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,Tot}$				**2099.71**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,pav} + M_{rib,ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib,TL} + \psi_{02} \cdot M_{rib,Bit})$				**1553.56**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→**	**1.35 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 3: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale					
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,Tot}$				**2099.71**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,pav} + M_{rib,ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib,Bit} + \psi_{04} \cdot M_{rib,Acc})$				**1998.38**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→**	**1.05 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 4: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Travel Lift					
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,Tot}$				**2099.71**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,pav} + M_{rib,ter}) + \gamma_Q \cdot (M_{rib,Bit} + \psi_{03} \cdot M_{rib,TL})$				**1798.75**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→**	**1.17 > 1.0**	

7.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8	2333.0	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.5	-	27.7	-	-	72.0
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	170.6	-	-	317.3
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5		113.1	-	-	294.0
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.5	0.6	102.6	-	-	554.3
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.5	0.7	70.5	-	-	194.2

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone 5.0 *[m]*

Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone 4.0 *[m]*

Combinazione di carico n° 1: Carichi variabili - Accidentale (Dominante) + Tiro alla bitta						
Calcolo di $E_d=\gamma_{G1,fav}\cdot F_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $M_A=\gamma_{G1,fav}\cdot M_{stab,p-p}-\gamma_{G2,sfav}\cdot(M_{rib,ter}+M_{rib,pav})-\gamma_{Q,sfav}\cdot(M_{rib,Acc}+\psi_{02}\cdot M_{rib,Bit})$					809.1	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e= B/2-M_A/E_d$					1.15	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0.85	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u					1.70	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha=tg^{-1}(H/V)=tg^{-1}\{[(\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,ter}+F_{o,pav})+\gamma_{Q,sfav}\cdot(F_{o,Acc}+\psi_{02}\cdot F_{o,Bit})]/(\gamma_{G1,sfav}\cdot F_{v,p-p})\}$					30.5	***[°]***
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45+\phi'/2)\cdot e^{\pi\, tg\phi'}$ *(Prandtl, 1921)*		$N_c=(N_q-1)/tg\phi'$ *(Reissner, 1924)*		$N_\gamma=2\cdot(N_q+1)\cdot tg\phi'$ *(Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	$i_q = [1-0.5\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^2$ *(Hansen, 1970)*		$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ *(Hansen-Vesic, 1973)*		$i_\gamma = [1-0.7\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^3$ *(Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.50**	**i_c =**	**0.50**	**i_γ =**	**0.20**
Fattori di Profondità	$d_q =1+2k\cdot tan\phi'\cdot(1-sen\phi')^2$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_c =1+0.4\cdot k$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_\gamma =1$ *(Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m^2]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m^3]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d= L\cdot B'\cdot(c'\cdot N_c\cdot d_c\cdot i_c+q\cdot N_q\cdot d_q\cdot i_q+1/2\cdot\gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma\cdot d_\gamma\cdot i_\gamma)$					**3589.87**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d>\gamma_R$**		**→→→ 3.78 > 2.3**	

Combinazione di carico n° 2: Carichi variabili - Travel Lift (Dominante) + Tiro alla bitta						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1,fav} \cdot F_{v,Tot}$					**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,p-p} - \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,ter} + M_{rib,pav}) - \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{rib,TL} + \psi_{02} \cdot M_{rib,Bit})$					958.9	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.99	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					1.01	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u					2.02	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}\{[(\gamma_{G2,sfav} \cdot (F_{o,ter} + F_{o,pav}) + \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{o,TL} + \psi_{02} \cdot F_{o,Bit})]/(\gamma_{G1,sfav} \cdot F_{v,p-p})\}$					27.6	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q+1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.55**	**i_c =**	**0.55**	**i_γ =**	**0.26**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1+2k \cdot tan\phi' \cdot (1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1+0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**6352.53**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→ 6.69 > 2.3**	

Combinazione di carico n° 3: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Accidentale						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1,fav} \cdot F_{v,Tot}$					**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,p-p} \cdot (br_{Fv} - B/2) - \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,ter} + M_{rib,pav}) - \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{rib,Bit} + \psi_{04} \cdot M_{rib,Acc})$					608.9	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					1.36	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0.64	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u					1.28	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}\{[(\gamma_{G2,sfav} \cdot (F_{o,ter} + F_{o,pav}) + \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{o,Bit} + \psi_{04} \cdot F_{o,Acc})]/(\gamma_{G1,sfav} \cdot F_{v,p-p})\}$					28.8	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q+1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.53**	**i_c =**	**0.53**	**i_γ =**	**0.23**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1+2k \cdot tan\phi' \cdot (1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1+0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**2333.41**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→ 2.46 > 2.3**	

Combinazione di carico n° 4: Carichi variabili - Tiro alla bitta (Dominante) + Travel Lift						
Calcolo di $E_d = \gamma_{G1,fav} \cdot F_{v,Tot}$					**949.82**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,p-p} \cdot (br_{Fv} - B/2) - \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,ter} + M_{rib,pav}) - \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{rib,Bit} + \psi_{03} \cdot M_{rib,TL})$					713.7	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					1.25	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0.75	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u					1.50	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}\{[(\gamma_{G2,sfav} \cdot (F_{o,ter} + F_{o,pav}) + \gamma_{Q,sfav} \cdot (F_{o,Bit} + \psi_{03} \cdot F_{o,TL})]/(\gamma_{G1,sfav} \cdot F_{v,p-p})\}$					29.0	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi \cdot tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q - 1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1 - 0.5 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1 - i_q)/(1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.52**	**i_c =**	**0.53**	**i_γ =**	**0.23**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1 + 2k \cdot tan\phi' \cdot (1 - sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**3165.54**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→**	**3.33 > 2.3**	

7.2 Verifiche SLV

7.2.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	30.8	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	191.6	-
Forza di inerzia verticale ($F^-_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-19.3
Forza di inerzia orizzontale ($F^+_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	125.8	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^-_{v,Tot})$			**930.50**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^+_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{24}\cdot F_{o,Acc}$			**316.92**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 2.94 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^-_{v,Tot})$			**930.50**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^+_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{03}\cdot F_{o,TL}$			**300.33**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 3.10 > 1.0**	

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	32.3	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	200.7	-
Forza di inerzia verticale ($F^{+}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	19.3
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	131.7	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{+}_{v,Tot})$			**969.14**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{24}\cdot F_{o,Acc}$			**329.21**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 2.94 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{+}_{v,Tot})$			**969.14**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{23}\cdot F_{o,TL}$			**310.85**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 3.12 > 1.0**	

7.2.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	39.7	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	246.5	-
Forza di inerzia verticale ($F^{-}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-19.3
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	162.0	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{-}_{v,Tot})$			**744.40**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{24}\cdot F_{o,Acc}$			**391.52**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 1.90 > 1.1**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{-}_{v,Tot})$			**744.40**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{03}\cdot F_{o,TL}$			**364.07**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 2.04 > 1.1**	

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	41.5	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	258.0	-
Forza di inerzia verticale ($F^{+}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	19.3
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	169.5	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	ϕ' *[°]*	$\gamma_{\phi'}$ *[-]*	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$ *[°]*	$\mu=\tan(\phi'_d)$ *[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{+}_{v,Tot})$			**775.31**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{24}\cdot F_{o,Acc}$			**407.13**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 1.90 > 1.1**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(F_{v,Tot}+F^{+}_{v,Tot})$			**775.31**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=F_{o,pav}+F_{o,ter}+F^{+}_{h,Tot}+F_{o,w}+\psi_{03}\cdot F_{o,TL}$			**377.43**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 2.05 > 1.1**	

7.2.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	2333.0	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	-	102.2
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	-	456.0
Forza di inerzia verticale ($M^{-}_{Fv,Tot}$)	1.0	-	-	47.5
Forza di inerzia orizzontale ($M^{+}_{Fh,Tot}$)	1.0	-	-	106.5
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1.0	-	-	28.3
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	-	417.3
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	-	554.3
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	-	194.2

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p}$			**2333.01**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav}+M_{rib,ter}+M^{-}_{Fv}+M^{+}_{Fh,Tot}+M_{rib,w}+\psi_{24}\cdot M_{rib,Acc}$			**865.63**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>1$**	**→→→ 2.70 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p}$			**2380.46**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav}+M_{rib,ter}+M^{-}_{Fv}+M^{+}_{Fh,Tot}+M_{rib,w}+\psi_{23}\cdot M_{rib,TL}$			**865.63**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>1$**	**→→→ 2.75 > 1.0**	

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	γ	Ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	2333.0	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	-	106.9
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	-	477.2
Forza di inerzia verticale ($M^{+}_{Fv,Tot}$)	1.0	-	47.5	-
Forza di inerzia orizzontale ($M^{+}_{Fh,Tot}$)	1.0	-	-	106.5
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1.0	-	-	28.3
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	-	436.4
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	-	554.3
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	-	194.2

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale				
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p} + M^{+}_{Fv}$			**2380.46**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{24} \cdot M_{rib,Acc}$			**849.84**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→ 2.80 > 1.0**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift				
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p} + M^{+}_{Fv}$			**2380.46**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{23} \cdot M_{rib,TL}$			**777.15**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→ 3.06 > 1.0**	

7.2.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8	2333.0	-
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione *pav*)	1.0	-	30.8	-	-	79.3
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	191.6	-	-	354.2
Forza di inerzia verticale ($F^-_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-19.3		47.5
Forza di inerzia orizzontale ($F^+_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-	-	106.5
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-	-	28.3
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	125.8	-	-	323.7
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-	-	554.3
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-	-	194.2

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	5.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	4.0	*[m]*

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale						
Calcolo di E_d= $F_{v,Tot}$ + $F^-_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**930.50**	***[kN]***
Calcolo di M_A= $M_{stab,p\text{-}p}$-($M_{rib,pav}$+$M_{rib,ter}$+$M^-_{Fv,Tot}$+$M^+_{Fh,Tot}$+$M_{rib,w}$+ψ_{24}·$M_{rib,Acc}$)					1620.2	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M_A/E_d					0.26	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=B-2·e					3.48	***[m]***
Calcolo dell'angolo α=tg^{-1}(H/V)=tg^{-1}[($F_{o,pav}$+$F_{o,ter}$+$F^+_{Fh,Tot}$+$F_{o,w}$+ψ_{24}·$F_{o,Acc}$)/($F_{v,p\text{-}p}$+$F^-_{v,Tot}$)]					18.8	***[°]***
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45+\phi'/2)\cdot e^{\pi\cdot tg\phi'}$ *(Prandtl, 1921)*		$N_c=(N_q-1)/tg\phi'$ *(Reissner, 1924)*		$N_\gamma=2\cdot(N_q+1)\cdot tg\phi'$ *(Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	$i_q = [1-0.5\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^2$ *(Hansen, 1970)*		$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ *(Hansen-Vesic, 1973)*		$i_\gamma = [1-0.7\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^3$ *(Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.69**	**i_c =**	**0.69**	**i_γ =**	**0.44**
Fattori di Profondità	$d_q = 1+2k\cdot tan\phi'\cdot(1-sen\phi')^2$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_c = 1+0.4\cdot k$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_\gamma = 1$ *(Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m^2]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m^3]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di R_d= L·B'·(c'·N_c·d_c· i_c+q·N_q·d_q·i_q+1/2·γ'·B'·N_γ·d_γ·i_γ)					**32639.22**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**35.08 > 2.3**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F^{-}_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**930.50**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = M_{stab,p-p} - (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{-}_{Fv,Tot} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{23} \cdot M_{rib,TL})$					1687.3	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.19	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = B - 2 \cdot e$					3.63	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{Fh,Tot} + F_{o,w} + \psi_{23} \cdot F_{o,TL})/(F_{v,p-p} + F^{-}_{v,Tot})]$					17.9	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q - 1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1 - 0.5 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1 - i_q)/(1 - N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.70**	**i_c =**	**0.71**	**i_γ =**	**0.46**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1 + 2k \cdot tan\phi' \cdot (1 - sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**37169.70**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→**	**39.95 >**	**2.3**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{stab}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	949.8	2333.0
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione *pav*)	1.0	-	32.3	-	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	200.7	-	-
Forza di inerzia verticale ($F^+_{v,Tot}$)	1.0	-	-	19.3	47.5
Forza di inerzia orizzontale ($F^+_{h,Tot}$)	1.0	-	38.6	-	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	18.1	-	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	131.7	-	-
Tiro alla bitta (abbreviazione *Bit*)	1.0	0.0	102.6	-	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	70.5	-	-

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	5.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	4.0	*[m]*

Combinazione di carico n° 1 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Accidentale						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F^+_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**969.14**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = M_{stab,p\text{-}p} + M^+_{Fv,Tot} - (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^+_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{24} \cdot M_{rib,Acc})$					1690.2	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.26	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = B - 2 \cdot e$					3.49	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^+_{Fh,Tot} + F_{o,w} + \psi_{24} \cdot F_{o,Acc})/(F_{v,p\text{-}p} + F^+_{v,Tot})]$					18.8	***[°]***
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ *(Prandtl, 1921)*		$N_c = (N_q - 1)/tg\phi'$ *(Reissner, 1924)*		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi'$ *(Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ *(Hansen, 1970)*		$i_c = i_q - [(1 - i_q)/(1 - N_q)]$ *(Hansen-Vesic, 1973)*		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ *(Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.69**	**i_c =**	**0.69**	**i_γ =**	**0.44**
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot tan\phi' \cdot (1 - sen\phi')^2$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_\gamma = 1$ *(Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**32825.65**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→**	**33.87 > 2.3**	

Combinazione di carico n° 2 per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+): Carichi variabili - Travel Lift						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F^{+}_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**969.14**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = M_{stab,p-p} + M^{+}_{Fv,Tot} - (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{23} \cdot M_{rib,TL})$					1761.8	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.18	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = B - 2 \cdot e$					3.64	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{Fh,Tot} + F_{o,w} + \psi_{23} \cdot F_{o,TL})/(F_{v,p-p} + F^{+}_{v,Tot})]$					17.8	***[°]***
Fattori di capacità portante	$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi \cdot tg\phi'}$ *(Prandtl, 1921)*		$N_c = (N_q - 1)/tg\phi'$ *(Reissner, 1924)*		$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg\phi'$ *(Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	$i_q = [1 - 0.5 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ *(Hansen, 1970)*		$i_c = i_q - [(1 - i_q)/(1 - N_q)]$ *(Hansen-Vesic, 1973)*		$i_\gamma = [1 - 0.7 \cdot H/(V + B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ *(Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.70**	**i_c =**	**0.71**	**i_γ =**	**0.47**
Fattori di Profondità	$d_q = 1 + 2k \cdot tan\phi' \cdot (1 - sen\phi')^2$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_c = 1 + 0.4 \cdot k$ *(Brinch-Hansen, 1970)*		$d_\gamma = 1$ *(Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**37562.86**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**			**$R_d/E_d > \gamma_R$ →→→ 38.76 > 2.3**		

8. VERIFICHE BANCHINA DARSENA TRAVEL LIFT

I muri di banchina della darsena di alaggio-varo sono stati verificati schematizzando l'azione verticale trasmessa per ciascun angolo del Travel Lift come un carico uniformemente distribuito su un'area rettangolare, distante 1 m dalla struttura di banchina. Inoltre, a vantaggio di sicurezza, il carico accidentale è stato considerato agente solo sul terrapieno a tergo dei massi sovrapposti. Le azioni sono state calcolate per un tratto di banchina di lunghezza unitaria, assumendo come schema statico quello riportato nella sottostante Figura 8 e relativo alla sezione Y-Y. Ipotizzando che il masso prefabbricato posto in sommità presenti dei ferri di attesa per i successivi getti si completamento, si assume:

- di eseguire le verifiche alla traslazione in corrispondenza delle superfici di scorrimento coincidenti con i piani di imbasamento di ciascun masso prefabbricato;

- di effettuare le verifiche a ribaltamento rispetto ai centri di istantanea rotazione, ubicati sul paramento esterno della struttura di banchina in corrispondenza delle superfici di scorrimento.

Per la descrizione geometrica di dettaglio si rimanda agli elaborati grafici progettuali. Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni eseguite.

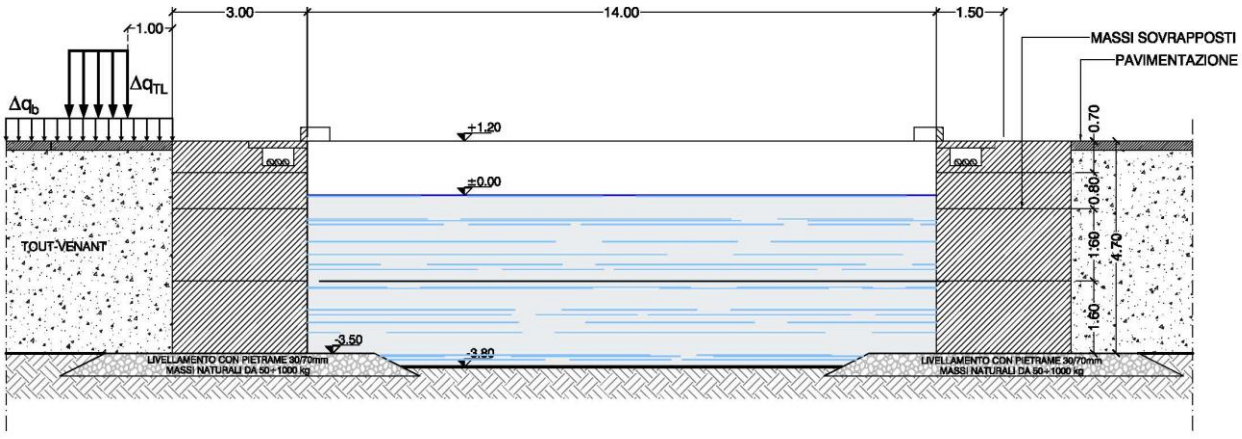


Figura 8: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sui muri di banchina della darsena di alaggio-varo. Scala geometrica 1:200

Calcolo Azioni: Combinazione A1+M1

1) Peso Proprio della banchina in massi sovrapposti (al netto della sottospinta) e relativi momenti rispetto ai centri di istantanea rotazione A_i

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50
elemento 6	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03
elemento 7	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	255.09	**1.52**	**388.47**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50
elemento 6	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	185.74	**1.53**	**284.45**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50

RISULTANTE	$N_{stabTOT}$	X	$M_{stabTOT}$
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	116.39	**1.55**	**180.42**

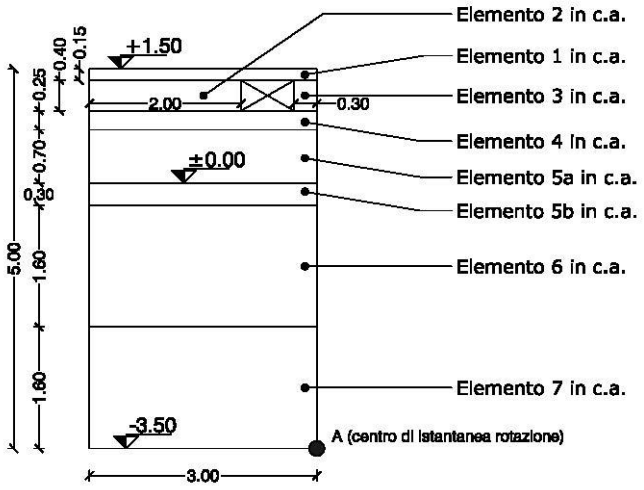


Figura 9: Sezione trasversale per il calcolo della forza peso di una porzione di banchinadi lunghezza unitaria della darsena di alaggio-varo Travel Lift.

Spinta del terreno

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.217	2.76	3.93	10.84
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.217	14.84	1.75	25.97
		-	8.97	0.217	11.94	1.17	13.94

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	29.54	**1.72**	**50.75**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.217	2.76	2.33	6.43
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.217	8.06	0.95	7.65
		-	8.97	0.217	3.52	0.63	2.23

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	14.33	**1.14**	**16.31**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.217	2.76	0.73	2.02
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.217	1.27	0.15	0.19
		-	8.97	0.217	0.09	0.10	0.01

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	4.12	**0.54**	**2.22**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	0.98	2.94	3.93	11.56
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.250	0.98	16.74	1.75	29.29
		-	8.97	0.250	0.98	13.47	1.17	15.72

	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	33.15	**1.71**	**56.57**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	0.98	2.94	2.33	6.86
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.250	0.98	9.09	0.95	8.63
		-	8.97	0.250	0.98	3.97	0.63	2.51

	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	16.00	**1.13**	**18.00**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	0.98	2.94	0.73	2.16
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.250	0.98	1.43	0.15	0.22
		-	8.97	0.250	0.98	0.10	0.10	0.01

	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	4.47	**0.53**	**2.38**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	1.02	3.07	3.93	12.08
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.252	1.02	17.53	1.75	30.68
		-	8.97	0.252	1.02	14.11	1.17	16.47

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	34.72	**1.71**	**59.23**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	1.02	3.07	2.33	7.17
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.252	1.02	9.52	0.95	9.04
		-	8.97	0.252	1.02	4.16	0.63	2.63

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	16.75	**1.13**	**18.84**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.237	1.02	3.07	0.73	2.25
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.252	1.02	1.50	0.15	0.23
		-	8.97	0.252	1.02	0.10	0.10	0.01

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	4.68	**0.53**	**2.49**

2) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	4.90	1.39	4.15	5.75
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.217	4.90	3.73	1.75	6.53

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.11	**2.40**	**12.27**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	4.90	1.39	2.55	3.53
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.217	4.90	2.02	0.95	1.92

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	3.41	**1.60**	**5.46**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	4.90	1.39	0.95	1.32
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.217	4.90	0.32	0.15	0.05

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	1.70	**0.80**	**1.36**

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	0.98	1.48	4.15	6.13
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.250	4.90	0.98	4.21	1.75	7.36

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.68	**2.37**	**13.49**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	0.98	1.48	2.55	3.77
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.250	4.90	0.98	2.28	0.95	2.17

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	3.76	**1.58**	**5.94**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	0.98	1.48	0.95	1.40
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.250	4.90	0.98	0.36	0.15	0.05

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	1.84	**0.79**	**1.46**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	1.02	1.54	4.15	6.41
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.252	4.90	1.02	4.41	1.75	7.71

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.95	**2.37**	**14.12**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	1.02	1.54	2.55	3.94
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.252	4.90	1.02	2.39	0.95	2.27

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	3.94	**1.58**	**6.21**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	4.90	1.02	1.54	0.95	1.47
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.252	4.90	1.02	0.38	0.15	0.06

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	1.92	**0.79**	**1.52**

3) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina Δq_b

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	20.00	5.65	4.15	23.46
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.217	20.00	15.22	1.75	26.64

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	20.87	**2.40**	**50.10**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	20.00	5.65	2.55	14.42
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.217	20.00	8.26	0.95	7.85

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	13.92	**1.60**	**22.27**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.217	20.00	5.65	0.95	5.37
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.217	20.00	1.30	0.15	0.20

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	6.96	**0.80**	**5.57**

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	0.98	6.03	4.15	25.02
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.250	20.00	0.98	17.17	1.75	30.04

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	23.20	**2.37**	**55.06**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	0.98	6.03	2.55	15.37
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.250	20.00	0.98	9.32	0.95	8.85

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	15.35	**1.58**	**24.23**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	0.98	6.03	0.95	5.73
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.250	20.00	0.98	1.47	0.15	0.22

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	7.50	**0.79**	**5.95**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	1.02	6.30	4.15	26.15
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.252	20.00	1.02	17.98	1.75	31.47

Risultante	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	24.28	**2.37**	**57.62**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	1.02	6.30	2.55	16.07
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.252	20.00	1.02	9.76	0.95	9.27

Risultante	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	16.06	**1.58**	**25.34**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.237	20.00	1.02	6.30	0.95	5.99
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.252	20.00	1.02	1.54	0.15	0.23

Risultante	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	7.84	**0.79**	**6.22**

4) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	2.40	6.77
elemento 7	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	0.80	2.26

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	**X**	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	**Y**	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-5.19	**1.52**	**-7.90**	**10.38**	**2.75**	**28.56**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	2.40	6.77

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	**X**	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	**Y**	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-3.78	**1.53**	**-5.79**	**7.56**	**3.48**	**26.31**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	X	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	Y	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-2.37	**1.55**	**-3.67**	**4.73**	**4.13**	**19.54**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	2.40	6.77
elemento 7	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	0.80	2.26

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	5.19	**1.52**	**7.90**	**10.38**	**2.75**	**28.56**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	2.40	6.77

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	3.78	**1.53**	**5.79**	**7.56**	**3.48**	**26.31**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	2.37	**1.55**	**3.67**	**4.73**	**4.13**	**19.54**

5) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare Dx ← (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.041	10.05	2.92	1.40	4.09

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	2.92	**1.40**	**4.09**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.041	10.05	0.86	0.76	0.65

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	0.86	**0.76**	**0.65**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.041	10.05	0.02	0.12	0.003

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	0.02	**0.12**	**0.003**

6) Spinta del terreno indotta da un Travel Lift da 300 t posto a tergo della struttura di banchina (y=1)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		61.52	3.76	231.33

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	61.52	**3.76**	**231.33**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		59.44	3.86	134.20

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	59.44	**3.86**	**134.20**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		49.57	4.11	44.94

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	49.57	**4.11**	**44.94**

Calcolo Azioni: Combinazione A2+M2

1) Peso Proprio della banchina in massi sovrapposti (al netto della sottospinta) e relativi momenti rispetto ai centri di istantanea rotazione A_i

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50
elemento 6	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03
elemento 7	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	255.09	**1.52**	**388.47**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50
elemento 6	4.80	-	14.45	69.35	1.50	104.03

RISULTANTE	**$N_{stabTOT}$**	**X**	**$M_{stabTOT}$**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	185.74	**1.53**	**284.45**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Elementi geometrici in	**Componente statica**					
Calcestruzzo armato	V	$\gamma_{c.a.}$	$\gamma'_{c.a.}$	N_{stab}	braccio	M_{stab}
	(m^3)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
elemento 1	0.45	24.5	-	11.03	1.50	16.54
elemento 2	0.80	24.5	-	19.60	2.00	39.20
elemento 3	0.12	24.5	-	2.94	0.15	0.44
elemento 4	0.75	24.5	-	18.38	1.50	27.56
elemento 5a (sopra il l.m.m.)	2.10	24.5	-	51.45	1.50	77.18
elemento 5b (sotto il l.m.m.)	0.90	-	14.45	13.00	1.50	19.50

RISULTANTE

$N_{stabTOT}$	X	$M_{stabTOT}$
(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
116.39	**1.55**	**180.42**

2) Spinta del terreno

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.284	3.60	3.93	14.17
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.284	19.40	1.75	33.95
		-	8.97	0.284	15.61	1.17	18.22

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	38.62	**1.72**	**66.34**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.284	3.60	2.33	8.41
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.284	10.53	0.95	10.00
		-	8.97	0.284	4.60	0.63	2.91

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	18.73	**1.14**	**21.32**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno	H	γ	γ'	K_a	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(m)	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.284	3.60	0.73	2.64
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.284	1.66	0.15	0.25
		-	8.97	0.284	0.11	0.10	0.01

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.38	**0.54**	**2.90**

In presenza di sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.306	0.98	3.80	3.93	14.96
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.322	0.98	21.52	1.75	37.66
		-	8.97	0.322	0.98	17.32	1.17	20.21

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	42.65	**1.71**	**72.83**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.306	0.98	3.80	2.33	8.87
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.322	0.98	11.68	0.95	11.10
		-	8.97	0.322	0.98	5.10	0.63	3.23

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	20.59	**1.13**	**23.20**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^-_{MO}	$1-k^-_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(kN/m^3)*	*(kN/m^3)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.306	0.98	3.80	0.73	2.79
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.322	0.98	1.84	0.15	0.28
		-	8.97	0.322	0.98	0.13	0.10	0.01

Risultante	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.77	**0.53**	**3.08**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.307	1.02	3.97	3.93	15.63
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	15	-	0.324	1.02	22.53	1.75	39.43
		-	8.97	0.324	1.02	18.13	1.17	21.16

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	44.64	**1.71**	**76.21**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.307	1.02	3.97	2.33	9.27
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	15	-	0.324	1.02	12.23	0.95	11.62
		-	8.97	0.324	1.02	5.34	0.63	3.38

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	21.55	**1.13**	**24.27**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Spinta terreno	H	γ	γ'	K^+_{MO}	$1+k^+_v$	$F_{o,ter}$	braccio	M_{ter}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(kN/m³)*	*(kN/m³)*	*(-)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	15	-	0.307	1.02	3.97	0.73	2.91
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	15	-	0.324	1.02	1.93	0.15	0.29
		-	8.97	0.324	1.02	0.13	0.10	0.01

Risultante	$F_{o,ter}$	**braccio**	M_{ter}
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***
	6.04	**0.53**	**3.22**

3) Spinta del terreno indotta dalla pavimentazione

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	4.90	1.81	4.15	7.51
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.284	4.90	4.87	1.75	8.53

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	6.69	**2.40**	**16.04**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	4.90	1.81	2.55	4.62
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.284	4.90	2.65	0.95	2.51

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	4.46	**1.60**	**7.13**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K_a	Δq_{pav}	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	4.90	1.81	0.95	1.72
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.284	4.90	0.42	0.15	0.06

Risultante	**$F_{o,pav}$**	**braccio**	**M_{pav}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	2.23	**0.80**	**1.78**

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	4.90	0.98	1.91	4.15	7.93
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.322	4.90	0.98	5.41	1.75	9.46

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	7.32	**2.38**	**17.39**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	4.90	0.98	1.91	2.55	4.87
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.322	4.90	0.98	2.94	0.95	2.79

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	4.85	**1.58**	**7.66**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{-}_{MO}	Δq_{pav}	$1-k^{-}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	4.90	0.98	1.91	0.95	1.82
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.322	4.90	0.98	0.46	0.15	0.07

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	2.37	**0.79**	**1.88**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	4.90	1.02	2.00	4.15	8.29
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.324	4.90	1.02	5.66	1.75	9.91

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	7.66	**2.38**	**18.19**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	4.90	1.02	2.00	2.55	5.09
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.324	4.90	1.02	3.07	0.95	2.92

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	5.07	**1.58**	**8.01**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta dalla pavimentazione	H	K^{+}_{MO}	Δq_{pav}	$1+k^{+}_{v}$	$F_{o,pav}$	braccio	M_{pav}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	4.90	1.02	2.00	0.95	1.90
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.324	4.90	1.02	0.49	0.15	0.07

Risultante	$F_{o,pav}$	**braccio**	M_{pav}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	2.48	**0.79**	**1.97**

4) Spinta del terreno indotta dalla sovraccarico di banchina Δq_b

In assenza di sisma

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	20.00	7.39	4.15	30.67
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.284	20.00	19.90	1.75	34.82

	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	27.29	**2.40**	**65.49**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	20.00	7.39	2.55	18.84
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.284	20.00	10.80	0.95	10.26

	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	18.19	**1.60**	**29.11**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta terreno indotta dal sovraccarico di banchina Δq_b	H	K_a	Δq_b	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
	(m)	*(-)*	*(kN/m²)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.284	20.00	7.39	0.95	7.02
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.284	20.00	1.71	0.15	0.26

	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	9.10	**0.80**	**7.28**

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	20.00	0.98	7.80	4.15	32.37
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.322	20.00	0.98	22.07	1.75	38.63

Risultante	$F_{o,Acc}$	**braccio**	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	29.87	**2.38**	**71.00**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	20.00	0.98	7.80	2.55	19.89
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.322	20.00	0.98	11.98	0.95	11.38

Risultante	$F_{o,Acc}$	**braccio**	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	19.78	**1.58**	**31.27**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^-_{MO}	Δq_b	$1-k^-_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso l'alto ↑ (-)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.306	20.00	0.98	7.80	0.95	7.41
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.322	20.00	0.98	1.89	0.15	0.28

Risultante	$F_{o,Acc}$	**braccio**	M_{Acc}
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	9.69	**0.79**	**7.69**

In presenza di sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	20.00	1.02	8.15	4.15	33.82
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.324	20.00	1.02	23.11	1.75	40.44

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	31.26	**2.38**	**74.26**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	20.00	1.02	8.15	2.55	20.78
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.324	20.00	1.02	12.54	0.95	11.92

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	16.06	**1.58**	**25.34**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)							
Spinta terreno indotta da Δq_b	H	K^+_{MO}	Δq_b	$1+k^+_v$	$F_{o,Acc}$	braccio	M_{Acc}
Sisma agente verso il basso ↓ (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m²)*	*(-)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sopra il livello del mare	1.30	0.307	20.00	1.02	8.15	0.95	7.74
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.324	20.00	1.02	1.98	0.15	0.30

Risultante	**$F_{o,Acc}$**	**braccio**	**M_{Acc}**
	(kN/m)	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	10.13	**0.79**	**8.04**

5) Forze inerziali (verticali ed orizzontali)

Per sisma verso l'alto ↑ (-)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	2.40	6.77
elemento 7	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	0.80	2.26

	$F^-_{v\,Tot}$	X	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	Y	$M^+_{Fh\,Tot}$
Risultante	**(kN)**	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-5.19	**1.52**	**-7.90**	**10.38**	**2.75**	**28.56**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	-1.41	1.50	-2.12	0.041	2.82	2.40	6.77

	$F^-_{v\,Tot}$	X	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	Y	$M^+_{Fh\,Tot}$
Risultante	**(kN)**	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-3.78	**1.53**	**-5.79**	**7.56**	**3.48**	**26.31**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso l'alto ↑ (-)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^-_v	F^-_v	braccio	M^-_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	-0.22	1.50	-0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	-0.40	2.00	-0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	-0.06	0.15	-0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	-0.37	1.50	-0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	-1.05	1.50	-1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	-0.26	1.50	-0.40	0.041	0.53	3.35	1.77

Risultante	$F^-_{v\,Tot}$	**X**	$M^-_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,Tot}$	**Y**	$M^+_{Fh\,Tot}$
	(kN)	**(m)**	**(kN m)**	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	-2.37	**1.55**	**-3.67**	**4.73**	**4.13**	**19.54**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)								
Elementi geometrici in	**Componente pseudo-statica**							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	2.40	6.77
elemento 7	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	0.80	2.26

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	**X**	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	**Y**	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	5.19	**1.52**	**7.90**	**10.38**	**2.75**	**28.56**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77
elemento 6	0.020	1.41	1.50	2.12	0.041	2.82	2.40	6.77

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	3.78	**1.53**	**5.79**	**7.56**	**3.48**	**26.31**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)

Elementi geometrici in	Componente pseudo-statica							
	Sisma agente verso il basso ↓ (+)				*Sisma agente verso il mare Dx ← (+)*			
Calcestruzzo armato	K^+_v	F^+_v	braccio	M^+_{Fv}	K^+_h	F^+_h	braccio	M^+_{Fh}
	(-)	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*	*(-)*	*(kN)*	*(m)*	*(kN m)*
elemento 1	0.020	0.22	1.50	0.34	0.041	0.45	4.93	2.21
elemento 2	0.020	0.40	2.00	0.80	0.041	0.80	4.65	3.71
elemento 3	0.020	0.06	0.15	0.01	0.041	0.12	4.65	0.56
elemento 4	0.020	0.37	1.50	0.56	0.041	0.75	4.33	3.23
elemento 5a (sopra il l.m.m)	0.020	1.05	1.50	1.57	0.041	2.09	3.85	8.06
elemento 5b (sotto il l.m.m)	0.020	0.26	1.50	0.40	0.041	0.53	3.35	1.77

Risultante	$F^+_{v\,Tot}$	X	$M^+_{Fv\,Tot}$	$F^+_{h\,TOT}$	Y	$M^+_{Fh\,tot}$
	(kN)	***(m)***	***(kN m)***	***(kN)***	***(m)***	***(kN m)***
	2.37	**1.55**	**3.67**	**4.73**	**4.13**	**19.54**

6) Spinta idrodinamica generata dell'acqua interstiziale in presenza di sisma

Per sisma verso mare Dx ← (+)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	3.50	0.041	10.05	2.92	1.40	4.09

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	2.92	**1.40**	**4.09**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	1.90	0.041	10.05	0.86	0.76	0.65

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	0.86	**0.76**	**0.65**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)						
Spinta idrodinamica	H_w	K^+_h	γ_w	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Sisma agente verso mare Dx ← (+)	*(m)*	*(-)*	*(kN/m³)*	*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
Altezza rinfianco sotto il livello del mare	0.30	0.041	10.05	0.02	0.12	0.003

	$F_{o,w}$	braccio	M_w
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	0.02	**0.12**	**0.003**

7) Spinta del terreno indotta da un Travel Lift da 300 t posto a tergo della struttura di banchina (y=1)

QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		61.52	3.76	231.33

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	61.52	**3.76**	**231.33**

QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		59.44	3.86	134.20

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	59.44	**3.86**	**134.20**

QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)				
Azione orizzontale esercitata da un Travel Lift da 300 t (tipo Ascom o similari)		$F_{o,TL}$	braccio	M_{TL}
		(kN/m)	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		49.57	4.11	44.94

	$F_{o,TL}$	**braccio**	M_{TL}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	49.57	**4.11**	**44.94**

8.1 Verifiche SLU

8.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

	coefficienti SLU		QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)		QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)		QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)	
			F_o	F_v	F_o	F_v	F_o	F_v
	γ	Ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.5	-	5.1	-	3.4	-	1.7	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	29.5	-	14.3	-	4.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5	0.0	20.9	-	13.9	-	7.0	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*) - **Dominante**	1.5		14.7	-	21.2	-	22.9	-

	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu=\tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Coefficiente di attrito statico μ all'interfaccia dei massi sovrapposti	μ	0.40

Approccio 1-Combinazione (A1+M1+R1)			***Carichi variabili: Travel Lift***					
Piano di scorrimento posto alla quota di			**-3.5 m s.l.m.m.**		**-1.9 m s.l.m.m.**		**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$			**255.09**	***[kN]***	**74.30**	***[kN]***	**46.56**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot F_{o,TL}$			**74.06**	***[kN]***	**58.45**	***[kN]***	**43.15**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 3.44 >**	**1.0**	**→→→ 1.27 >**	**1.0**	**→→→ 1.08 >**	**1.0**

8.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

	coefficienti SLU		QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)		QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)		QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)	
			F_o	F_v	F_o	F_v	F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.3	-	6.7	-	4.5	-	2.2	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.3	-	38.6	-	18.7	-	5.4	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.3	0.0	27.3	-	18.2	-	9.1	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.3		14.7	-	21.2	-	22.9	-

	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu=\tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Coefficiente di attrito statico μ calcestruzzo-calcestruzzo	μ	0.40

Approccio 1-Combinazione (A2+M2+R2)			***Carichi variabili: Travel Lift***					
Piano di scorrimento posto alla quota di			**-3.5 m s.l.m.m.**		**-1.9 m s.l.m.m.**		**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d=\gamma_{G1,fav}\cdot\mu\cdot F_{v,Tot}$			**204.08**	***[kN]***	**74.30**	***[kN]***	**46.56**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{G2,sfav}\cdot(F_{o,pav}+F_{o,ter})+\gamma_Q\cdot F_{o,TL}$			**78.02**	***[kN]***	**57.74**	***[kN]***	**39.72**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→ 2.62 >**	**1.0**	**→→→ 1.29 >**	**1.0**	**→→→ 1.17 >**	**1.0**

8.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+M2

	coefficienti SLU		M_{rib}	M_{stab}	M_{rib}	M_{stab}	M_{rib}	M_{stab}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*				
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	0.9	-	-	388.5	-	284.4	-	180.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.5	-	16.0	-	7.1	-	1.8	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	66.3	-	21.3	-	2.9	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5	0.0	65.5	-	29.1	-	7.3	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.5		10.8	-	40.6	-	76.2	-

Approccio 1-Combinazione (EQU+M2)			***Carichi variabili: Travel Lift***					
Quota traccia asse di rotazione			**-3.5 m s.l.m.m.**		**-1.9 m s.l.m.m.**		**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,Tot}$			**349.62**	***[kN]***	**256.00**	***[kN]***	**162.38**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,pav} + M_{rib,ter}) + \gamma_Q \cdot M_{rib,TL}$			**139.74**	***[kN]***	**103.61**	***[kN]***	**121.37**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>1$**	**→→→ 2.50 >**	**1.0**	**→→→ 2.47 >**	**1.0**	**→→→ 1.34 >**	**1.0**

8.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

	coefficienti SLU		F_o	F_v	M_{rib}	M_{stab}
	γ	Ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	388.5
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione *pav*)	1.5	-	5.1	-	12.3	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.5	-	29.5	-	50.7	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.5	0.0	20.9	-	50.1	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.5		14.7	-	10.8	-

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	1.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3.0	*[m]*

Approccio 2 (A1+M1+R3) - *Carichi variabili: Travel Lift*						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**255.09**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = \gamma_{G1,fav} \cdot M_{stab,p-p} - \gamma_{G2,sfav} \cdot (M_{rib,ter} + M_{rib,pav}) - \gamma_{Q,sfav} \cdot M_{rib,TL}$					277.8	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.41	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=B-2·e					2.18	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}\{[(\gamma_{G2,sfav} \cdot (F_{o,ter} + F_{o,pav}) + \gamma_{Q,sfav} \cdot F_{o,TL}]/(\gamma_{G1,sfav} \cdot F_{v,p-p})\}$					16.2	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q+1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.73**	**i_c =**	**0.73**	**i_γ =**	**0.51**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1+2k \cdot tan\phi' \cdot (1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1+0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**2923.53**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**			**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→ 11.46 > 2.3**	

8.2 Verifiche SLV

8.2.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLV		QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)		QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)		QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)	
			F_o	F_v	F_o	F_v	F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	5.7	-	3.8	-	1.8	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	33.1	-	16.0	-	4.5	-
Forza di inerzia verticale ($F^{-}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-5.2	-	-3.8	-	-2.4
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	7.6	-	4.7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	0.9	-	0.02	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	23.2	-	15.3	-	7.5	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	59.4	-	49.6	-

	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu=\tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Coefficiente di attrito statico μ all'interfaccia dei massi sovrapposti	μ	0.4

Approccio 1-Combinazione (M1+R1) per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+)									*Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*	
Piano di scorrimento posto alla quota di			**-3.5 m s.l.m.m.**		**-1.9 m s.l.m.m.**		**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (F_{v,Tot} + F^{-}_{v,Tot})$			**249.91**	***[kN]***	**72.79**	***[kN]***	**45.61**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{h,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22} \cdot F_{o,TL} + \psi_{23} \cdot F_{o,Acc}$			**77.55**	***[kN]***	**50.61**	***[kN]***	**28.19**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→ 3.22 >**	**1.0**	**→→→ 1.44 >**	**1.0**	**→→→ 1.62 >**	**1.0**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLV		QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)		QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)		QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)	
			F_o	**F_v**	**F_o**	**F_v**	**F_o**	**F_v**
	γ	ψ_{oj}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	5.9	-	3.9	-	1.9	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	34.7	-	16.7	-	4.7	-
Forza di inerzia verticale ($F^{+}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	5.2	-	3.8	-	2.4
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	7.6	-	4.7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	0.9	-	0.02	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	24.3	-	16.1	-	7.8	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	59.4	-	49.6	-

	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.0	45.0	1.0

Coefficiente di attrito statico μ all'interfaccia dei massi sovrapposti	μ	0.4 *[-]*

Approccio 1-Combinazione (M1+R1) per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+)												*Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*
Piano di scorrimento posto alla quota di				**-3.5 m s.l.m.m.**			**-1.9 m s.l.m.m.**			**-0.3 m s.l.m.m.**		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (F_{v,Tot} + F^{+}_{v,Tot})$				**260.28**		***[kN]***	**75.81**		***[kN]***	**47.50**		***[kN]***
Calcolo di $E_d = F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{h,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22} \cdot F_{o,TL} + \psi_{23} \cdot F_{o,Acc}$				**79.71**		***[kN]***	**51.75**		***[kN]***	**28.58**		***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→**	**3.27 >**	**1.0**		**→→→**	**1.46 >**	**1.0**	**→→→**	**1.66 >**	**1.0**

8.2.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLV		QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)		QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)		QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)	
			F_o	F_v	F_o	F_v	F_o	F_v
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	7.3	-	4.8	-	2.4	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	42.6	-	20.6	-	5.8	-
Forza di inerzia verticale ($F^{-}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-5.2	-	-3.8	-	-2.4
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	7.6	-	4.7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	0.9	-	0.02	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	29.9	-	19.8	-	9.7	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	59.4	-	49.6	-

	ϕ'	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$	$\mu = \tan(\phi'_d)$
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Coefficiente di attrito statico μ calcestruzzo-calcestruzzo	μ	0.4

Approccio 1-Combinazione (M2+R2) per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+)											*Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*
Piano di scorrimento posto alla quota di				**-3.5 m s.l.m.m.**			**-1.9 m s.l.m.m.**			**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (F_{v,Tot} + F^{-}_{v,Tot})$				**199.92**		*[kN]*	**72.79**		*[kN]*	**45.61**	*[kN]*
Calcolo di $E_d = F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{h,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22} \cdot F_{o,TL} + \psi_{23} \cdot F_{o,Acc}$				**90.68**		*[kN]*	**57.62**		*[kN]*	**30.68**	*[kN]*
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→**	**2.20 >**	**1.0**	**→→→**	**1.26 >**	**1.0**	**→→→**	**1.49 >**	**1.0**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLV		**QUOTA (-3,50 m s.l.m.m.)**		**QUOTA (-1,90 m s.l.m.m.)**		**QUOTA (-0,30 m s.l.m.m.)**	
			F_o	**F_v**	**F_o**	**F_v**	**F_o**	**F_v**
	γ	**ψ_{0j}**	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	185.7	-	116.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	7.3	-	4.8	-	2.4	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	42.6	-	20.6	-	5.8	-
Forza di inerzia verticale ($F^{-}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-5.2	-	-3.8	-	-2.4
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	7.6	-	4.7	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	0.9	-	0.02	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	29.9	-	19.8	-	9.7	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	59.4	-	49.6	-

	ϕ'	**$\gamma_{\phi'}$**	**$\phi'_d = \tan^{-1}[\tan(\phi')/\gamma_d]$**	**$\mu = \tan(\phi'_d)$**
Determinazione del coefficiente di attrito statico μ opera-terreno	*[°]*	*[-]*	*[°]*	*[-]*
	45.0	1.3	38.7	0.8

Coefficiente di attrito statico μ calcestruzzo-calcestruzzo	**μ**	0.4	*[-]*

Approccio 1-Combinazione (M2+R2) per sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+)											*Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*	
Piano di scorrimento posto alla quota di				**-3.5 m s.l.m.m.**			**-1.9 m s.l.m.m.**			**-0.3 m s.l.m.m.**		
Calcolo di $R_d = \mu \cdot (F_{v,Tot} + F^{-}_{v,Tot})$				**199.92**		***[kN]***	**72.79**		***[kN]***	**45.61**		***[kN]***
Calcolo di $E_d = F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{h,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22} \cdot F_{o,TL} + \psi_{23} \cdot F_{o,Acc}$				**90.68**		***[kN]***	**57.62**		***[kN]***	**30.68**		***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→**	**2.20 >**	**1.0**	**→→→**	**1.26 >**	**1.0**	**→→→**	**1.49 >**	**1.0**

8.2.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione M2

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLV		**M_{rib}**	**M_{stab}**	**M_{rib}**	**M_{stab}**	**M_{rib}**	**M_{stab}**
	γ	**ψ_{0j}**	*[kN]*	*[kN]*				
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	388.5	-	284.4	-	180.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	17.4	-	7.7	-	1.9	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	72.8	-	23.2	-	3.1	-
Forza di inerzia verticale ($M^{-}_{Fv,Tot}$)	1.0	-	7.9	-	5.8	-	3.7	-
Forza di inerzia orizzontale ($M^{+}_{Fh,Tot}$)	1.0	-	28.6	-	14.2	-	4.4	-
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1.0	-	4.1	-	0.7	-	0.00	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	71.0	-	31.3	-	7.7	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	231.3	-	134.2	-	44.9	-

Combinazione (M2) per sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+)											*Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*	
Quota traccia asse di rotazione				**-3.5 m s.l.m.m.**			**-1.9 m s.l.m.m.**			**-0.3 m s.l.m.m.**		
Calcolo di $R_d = M_{stab,p-p}$				**388.47**		***[kN]***	**284.45**		***[kN]***	**180.42**		***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{-}_{Fv,Tot} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{22} \cdot M_{rib,TL} + \psi_{23} \cdot M_{rib,Acc}$				**221.48**		***[kN]***	**101.17**		***[kN]***	**28.81**		***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**		**→→→**	**1.75 >**	**1.0**	**→→→**	**2.81 >**	**1.0**	**→→→**	**6.26 >**	**1.0**

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLV		M_{rib}	M_{stab}	M_{rib}	M_{stab}	M_{rib}	M_{stab}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*				
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	388.5	-	284.4	-	180.4
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione pav)	1.0	-	18.2	-	8.0	-	2.0	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	76.2	-	24.3	-	3.2	-
Forza di inerzia verticale ($M^{+}_{Fv,Tot}$)	1.0	-	-	7.9	-	5.8	-	3.7
Forza di inerzia orizzontale ($M^{+}_{Fh,Tot}$)	1.0	-	28.6	-	26.3	-	19.5	-
Spinta idrodinamica ($M_{rib,w}$)	1.0	-	4.1	-	0.7	-	0.00	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	74.3	-	32.7	-	8.0	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	231.3	-	134.2	-	44.9	-

Combinazione (M2) per sisma agente verso basso ↓ (+) e verso il mare ← (+)			***Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale***					
Quota traccia asse di rotazione			**-3.5 m s.l.m.m.**		**-1.9 m s.l.m.m.**		**-0.3 m s.l.m.m.**	
Calcolo di $R_d = M_{stab,p\text{-}p} + M^{+}_{Fv,Tot}$			**396.37**	***[kN]***	**290.23**	***[kN]***	**184.09**	***[kN]***
Calcolo di $E_d = M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{22} \cdot M_{rib,TL} + \psi_{23} \cdot M_{rib,Acc}$			**218.74**	***[kN]***	**109.31**	***[kN]***	**40.62**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > 1$**	**→→→ 1.81 >**	**1.0**	**→→→ 2.66 >**	**1.0**	**→→→ 4.53 >**	**1.0**

8.2.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

Per di sisma verso l'alto ↑ (-)

	coefficienti SLV		F_o	F_v	M_{rib}	M_{stab}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	-	255.1	-	388.5
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione *pav*)	1.0	-	5.7	-	17.4	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	33.1	-	72.8	-
Forza di inerzia verticale ($F^{+}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	-5.2	7.9	
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	28.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	4.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	23.2	-	71.0	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	231.3	-

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	1.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3.0	*[m]*

Approccio 2 (A1+M1+R3): Sisma agente verso l'alto ↑ (-) e verso il mare ← (+) – *Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F^{-}_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**249.91**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = M_{stab,p\text{-}p} - (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{-}_{Fv,Tot} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{22}\cdot M_{rib,TL} + \psi_{23}\cdot M_{rib,Acc})$					167.0	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.83	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0.67	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=2·u					1.34	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{Fh,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22}\cdot F_{o,TL} + \psi_{23}\cdot F_{o,Acc})/(F_{v,p\text{-}p} + F^{-}_{v,Tot})]$					17.2	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2)\cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2\cdot(N_q+1)\cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.71**	**i_c =**	**0.72**	**i_γ =**	**0.48**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1+2k\cdot tan\phi'\cdot(1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1+0.4\cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L\cdot B'\cdot(c'\cdot N_c\cdot d_c\cdot i_c + q\cdot N_q\cdot d_q\cdot i_q + 1/2\cdot\gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma\cdot d_\gamma\cdot i_\gamma)$					**1044.03**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→ 4.18 > 2.3**	

Per sisma verso il basso ↓ (+)

	coefficienti SLV		F_o	F_v	M_{rib}	M_{stab}
	γ	ψ_{0j}	*[kN]*	*[kN]*	*[kN·m]*	*[kN·m]*
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	1.0	-	.	255.1	-	388.5
Spinta indotta dalla pavimentazione (abbreviazione *pav*)	1.0	-	5.9	-	18.2	-
Spinta indotta dal terreno di riempimento a tergo (abbreviazione *ter*)	1.0	-	34.7	-	76.2	-
Forza di inerzia verticale ($F^{+}_{v,Tot}$)	1.0	-	-	5.2	-	7.9
Forza di inerzia orizzontale ($F^{+}_{h,Tot}$)	1.0	-	10.4	-	28.6	-
Spinta idrodinamica (abbreviazione *w*)	1.0	-	2.9	-	4.1	-
Spinta indotta dal sovraccarico di banchina (abbreviazione *Acc*)	1.0	0.3	24.3	-	74.3	-
Spinta indotta dal Travel Lift (abbreviazione *TL*)	1.0	0.3	61.5	-	231.3	-

Lunghezza **L** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	1.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione dell'elem. Muro-Cassone	3.0	*[m]*

Approccio 2 (A1+M1+R3): Sisma agente verso il basso ↓ (+) e verso il mare ← (+) – *Carichi variabili: Travel Lift e Carico Accidentale*						
Calcolo di $E_d = F_{v,Tot} + F^{+}_{v,Tot}$ (*si ipotizza che il carico accidentale agisce sul terrapieno a tergo della banchina*)					**260.28**	***[kN]***
Calcolo di $M_A = M_{stab,p-p} + M^{+}_{Fv,Tot} - (M_{rib,pav} + M_{rib,ter} + M^{+}_{Fh,Tot} + M_{rib,w} + \psi_{22} \cdot M_{rib,TL} + \psi_{23} \cdot M_{rib,Acc})$					177.6	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione $e = B/2 - M_A/E_d$					0.82	***[m]***
Calcolo della distanza u tra il punto di applicazione della risultante delle forze e il lembo compresso della sez.					0.68	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione $B' = 2 \cdot u$					1.36	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha = tg^{-1}(H/V) = tg^{-1}[(F_{o,pav} + F_{o,ter} + F^{+}_{Fh,Tot} + F_{o,w} + \psi_{22} \cdot F_{o,TL} + \psi_{23} \cdot F_{o,Acc})/(F_{v,p-p} + F^{+}_{v,Tot})]$					17.0	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2) \cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c = (N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma = 2 \cdot (N_q+1) \cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**134.87**	**N_c =**	**133.9**	**N_γ =**	**271.7**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7 \cdot H/(V+B' \cdot L \cdot c' \cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.72**	**i_c =**	**0.72**	**i_γ =**	**0.48**
Fattori di Profondità	*$d_q = 1+2k \cdot tan\phi' \cdot (1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c = 1+0.4 \cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma = 1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m^2]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**9.0**	***[kN·m^3]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d = L \cdot B' \cdot (c' \cdot N_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot d_q \cdot i_q + 1/2 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma)$					**1100.95**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d > \gamma_R$**		**→→→ 4.23 > 2.3**	

9. VERIFICHE MURI PARAONDE DIGA DI SOPRAFLUTTO

Il muro paraonde della diga di sopraflutto è una struttura in calcestruzzo cementizio debolmente armato resistente per gravità alle azioni indotte dal moto ondoso. Nel caso in esame tali azioni sono state ricavate, come illustrato al par. 5.5, a partire da misure puntuali di pressione nell'ambito dello studio su modello fisico commissionato al Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze. Con riferimento allo schema di calcolo adottato e di seguito riportato in Figura 10, si precisa che la verifica allo scorrimento è stata effettuata sul piano inclinato che va dal punto A (centro di istantanea rotazione) al punto B (posto sul lato interno del taglione) e che forma con l'orizzontale un angolo β pari a del 2.9°. Pertanto, nella suddetta verifica in luogo del coefficiente di attrito opera-terreno si considera il coefficiente di attrito terreno-terreno, calcolato a partire dall'angolo di attrito residuo, o a volume costante, ϕ'_{cv} pari a 37.5° per cui si verifica la rottura a taglio del terreno.

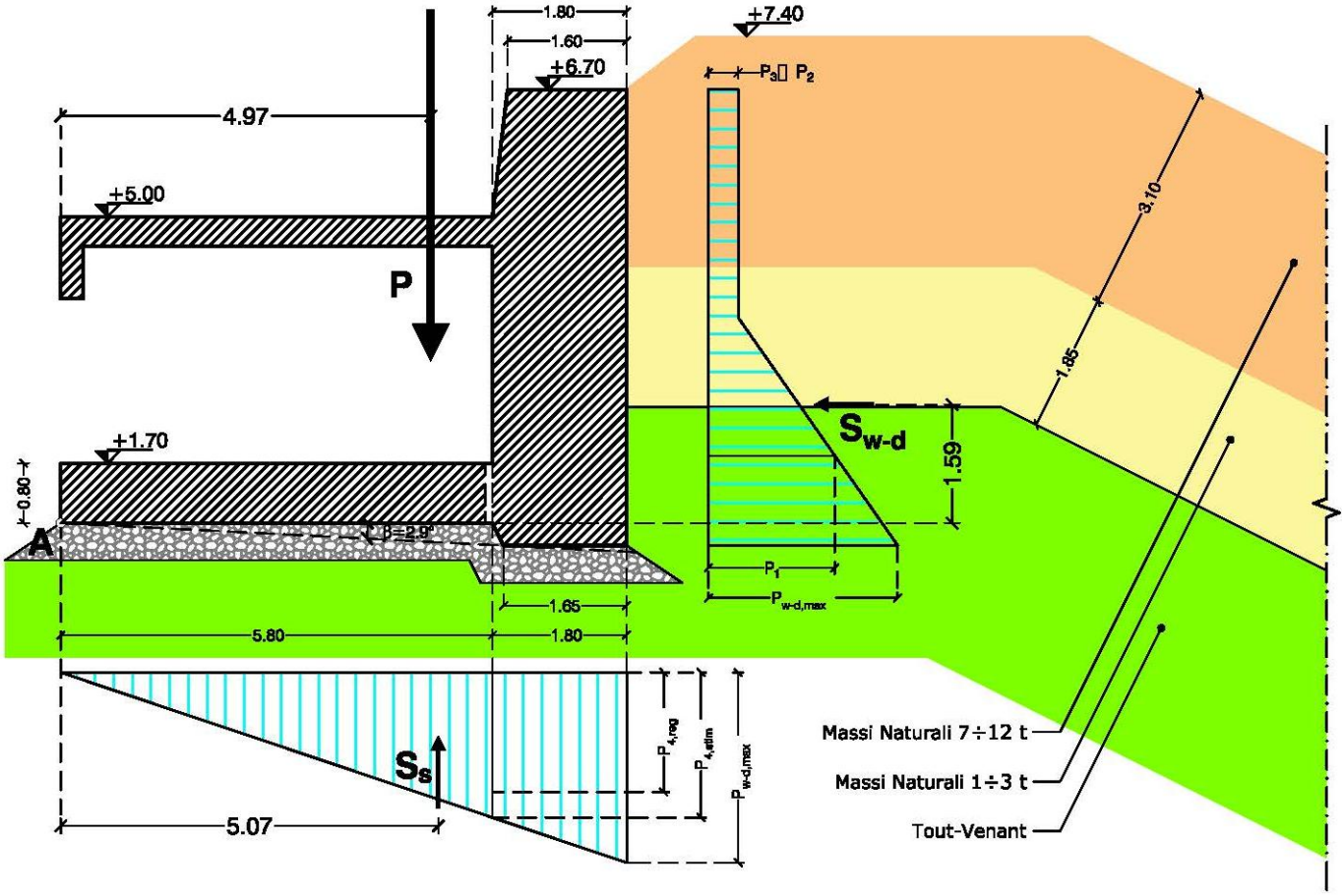


Figura 10: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sul muro paraonde della diga di sopraflutto. Scala geometrica 1:100

Si riportano i risultati delle elaborazioni eseguite.

Calcolo delle Azioni

1) Peso Proprio del muro paraonde e relativo momento rispetto al polo A

		N_{p-p}	braccio	M_{p-p}
Peso proprio e momento rispetto al punto A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		460.88	4.97	2290.58

	$F_{o,Bit}$	braccio	M_{Bit}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	460.88	**4.97**	**2290.58**

2) Spinta idrodinamica del m.o. e relativo momento rispetto al polo A

		S_{w-d}	braccio	M_{w-d}
Spinta idrodinamica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sopraflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		56	1.6	88.8

	S_{w-d}	braccio	M_{w-d}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	56	**1.6**	**88.8**

3) Sottospinta e relativo momento rispetto al polo A

		S_S	braccio	M_{Ss}
Spinta idrodinamica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sopraflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		94.8	5.1	480.4

	S_s	braccio	M_s
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	94.8	**5.1**	**480.4**

9.1 Verifiche SLU

9.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

Inclinazione β del piano di fondazione	*(rad)*	*(°)*
	0.049958	2.9

Azioni		
Peso proprio (*abbreviazione* p-p_N)	460.88	*(kN/m)*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $S_{w\text{-}d,N}$)	55.99	*(kN/m)*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $S_{s,N}$)	94.82	*(kN/m)*

	γ	F_N	F_T
	(-)	*(kN/m)*	*(kN/m)*
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione p-p_N)	1.0	460.3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,N*)	0.0	2.8	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,N*)	1.5	94.7	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione p-p_T)	1.0	-	23.02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,T*)	1.5	-	55.92
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,T*)	1.5	-	4.74

Determinazione del coefficiente di attrito μ terreno-terreno	ϕ'_{cv}	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$	$\mu=\tan(\phi'_d)$
	(°)	*(-)*	*(°)*	*(-)*
	37.5	1.0	37.5	0.8

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1)			
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,N}+\gamma_{Q,fav}\cdot F_{w\text{-}d,N}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{s,N})$		**244.20**	***(kN/m)***
Calcolo di $E_d=\gamma_{Q,sfav}\cdot(F_{w\text{-}d,T}+F_{s,T})-\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,T}$		**67.97**	***(kN/m)***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$ →→→ 3.59 > 1.0**	

9.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Inclinazione β del piano di fondazione	*[rad]*	*[°]*
	0.049958	2.9

Azioni		
Peso proprio (*abbreviazione p-p_N*)	460.88	*(kN/m)*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $S_{w\text{-}d,N}$)	55.99	*(kN/m)*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $S_{s,N}$)	94.82	*(kN/m)*

coefficienti SLU

	Coeff. Parziali γ	**F_N**	**F_T**
	(-)	*(kN/m)*	*(kN/m)*
Componenti ortogonali al piano di fondazione			
Peso proprio (abbreviazione *p-p_N*)	1.0	460.3	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,N*)	0.0	2.8	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,N*)	1.3	94.7	-
Componenti parallele al piano di fondazione			
Peso proprio (abbreviazione *p-p_T*)	1.0	-	23.02
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,T*)	1.3	-	55.92
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,T*)	1.3	-	4.74

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ terreno-terreno	**ϕ'_{cv}**	**$\gamma_{\phi'}$**	**$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$**	**$\mu=\tan(\phi'_d)$**
	(°)	*(-)*	*(°)*	*(-)*
	37.5	1.3	31.5	0.6

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2)				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,N}+\gamma_{Q,fav}\cdot F_{w\text{-}d,N}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{s,N})$			**206.99**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{Q,sfav}\cdot(F_{w\text{-}d,T}+F_{s,T})-\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,T}$			**55.84**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$ →→→**	**3.71 > 1.1**	

9.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+M2

A_{EQU}			M2	
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}
0.9	1.5	1.5	1.3	1.0
p-p	S_{w-d}	S_s	terreno	terreno

Momenti		
Peso proprio (*abbreviazione p-p_N*)	2290.58	*[(kN m)/m]*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $S_{w-d,N}$)	88.79	*[(kN m)/m]*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $S_{s,N}$)	480.44	*[(kN m)/m]*

VERIFICA AL RIBALTAMENTO: Combinazione A_{EQU}+M2				
Calcolo di $R_d = \gamma_{G,fav} \cdot M_{p-p}$			**2061.53**	***[(kN m)/m]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{w-d} + M_s)$			**853.85**	***[(kN m)/m]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→ 2.41 > 1.0**	

9.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

	Coeff. Parziali γ	Azioni		Momenti	
		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
		(kN/m)	*(kN/m)*	*[(kN m)/m]*	*[(kN m)/m]*
Peso proprio (abbreviazione *p-p*)	1.0	-	460.88	2290.58	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d*)	1.5	55.99	-	-	88.79
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *S*)	1.5	-	94.82	-	480.44

	ϕ'_{cv}	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$
Determinazione angolo di attrito di progetto	*[°]*	*[-]*	*[°]*
	37.5	1.0	37.5

Lunghezza **L** della sezione in fondazione del muro paraonde 1.0 *[m]*

Larghezza **B** della sezione in fondazione del muro paraonde 7.6 *[m]*

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO: Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3)						
Calcolo di $E_d=\gamma_{G,fav}\cdot F_{v,Tot}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{v,s}$					**318.65**	***[kN]***
Calcolo di $M_A=\gamma_{G,fav}\cdot M_{stab,p-p}-\gamma_{Q,sfav}\cdot(M_{rib,w-d}+M_{rib,s})$					1436.7	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M_A/E_d					0.71	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=B-2·e					6.18	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha=tg^{-1}(H/V)=tg^{-1}[\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{o,w-d}/(\gamma_{G,fav}\cdot F_{v,p-p}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{v,s})]$					14.8	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2)\cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c=(N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma=2\cdot(N_q+1)\cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**45.81**	**N_c =**	**58.4**	**N_γ =**	**71.8**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.76**	**i_c =**	**0.76**	**i_γ =**	**0.55**
Fattori di Profondità	*$d_q =1+2k\cdot tan\phi'\cdot(1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c =1+0.4\cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma =1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**8.5**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d=L\cdot B'\cdot(c'\cdot N_c\cdot d_c\cdot i_c+q\cdot N_q\cdot d_q\cdot i_q+1/2\cdot\gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma\cdot d_\gamma\cdot i_\gamma)$					**6435.15**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**			**$R_d/E_d>\gamma_R$ →→→ 20.20 > 2.3**		

10. VERIFICHE MURI PARAONDE DIGA DI SOTTOFLUTTO

Il muro paraonde della diga di sottoflutto è una struttura in calcestruzzo cementizio debolmente armato resistente per gravità alle azioni indotte dal moto ondoso. Nel caso in esame, non disponendo di misure dirette delle pressioni agenti lungo la superficie di perimetrazione del muro stesso, per la determinazione delle azioni idrodinamiche agenti sul paramento esterno e delle sottospinte esercitate sulla fondazione sono state effettuate le seguenti ipotesi:

- massima risalita del moto ondoso coincidente con la quota di coronamento della mantellata;
- installazione di canne di sfiato immediatamente a tergo della parte in elevazione del muro;
- muro imbasato su uno scanno realizzato in pietrame.

Con riferimento allo schema di calcolo adottato e di seguito riportato in Figura 11, si precisa che la verifica allo scorrimento è stata effettuata sul piano inclinato che va dal punto A (centro di istantanea rotazione) al punto B (posto sul lato interno del taglione) e che forma con l'orizzontale un angolo β pari a del 6.5°. Pertanto, nella suddetta verifica in luogo del coefficiente di attrito opera-terreno si considera il coefficiente di attrito terreno-terreno, calcolato a partire dall'angolo di attrito residuo, o a volume costante, ϕ'_{cv} pari a 37.5° per cui si verifica la rottura a taglio del terreno.

Si riportano i risultati delle elaborazioni eseguite.

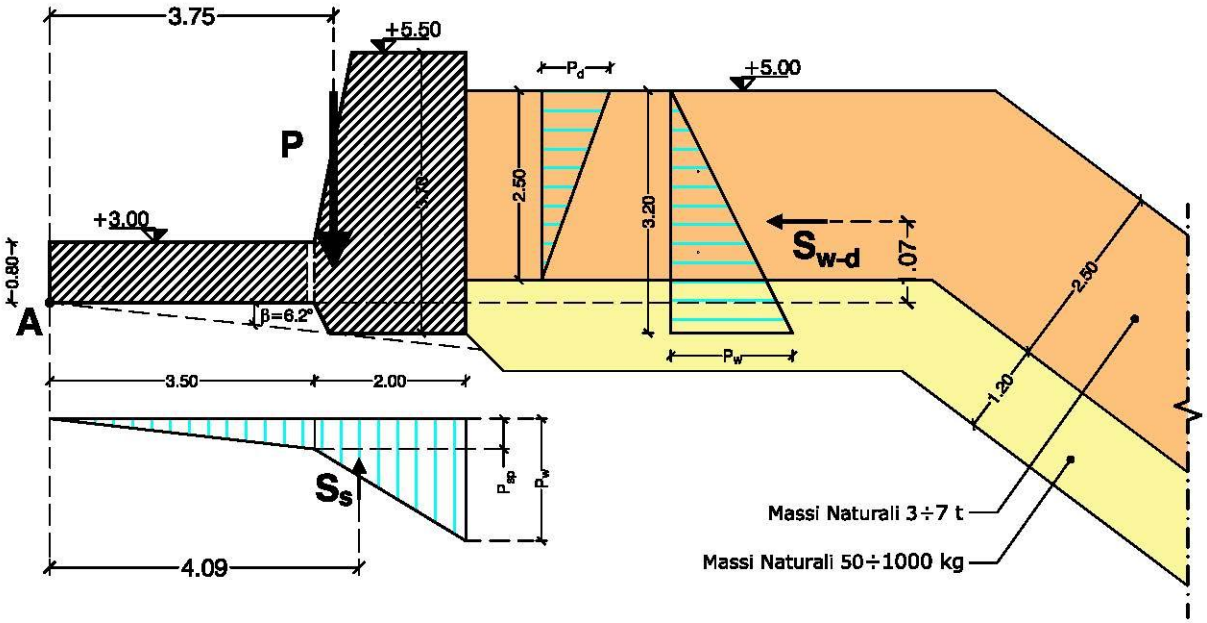


Figura 11: Schema geometrico per il calcolo delle azioni agenti sul muro paraonde della diga di sottoflutto. Scala geometrica 1:100

Calcolo delle Azioni

1) Peso Proprio del muro paraonde e relativo momento rispetto al polo A

		N_{p-p}	braccio	M_{p-p}
Peso proprio e momento rispetto al punto A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		233.61	3.75	876.03

	$F_{o,Bit}$	braccio	M_{Bit}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	233.61	**3.75**	**876.03**

2) Spinta idrodinamica del m.o. e relativo momento rispetto al polo A

Profondità al piede della diga	d_b	3.6	m
Altezza muro paraonde	H	3.2	m
Altezza muro paraonde interessata dalla spinta idrodinamica	H'	2.5	m
Pressione idrostatica alla base del muro paraonde.	P_s	32.1664	kN/m^2
Pressione idrodinamica al coronamento dalla mantellata	P_d	18.0936	kN/m^2

		S_w	braccio	M_w
Componente statica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sottoflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		51.47	0.67	34.48

		S_w	braccio	M_w
Componente statica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sottoflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		22.62	1.97	44.56

		S_{w-d}	braccio	M_{w-d}
Spinta idrodinamica esercitata dal moto ondoso sul paramento esterno del muro paraonde della diga di sopraflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		74.08	1.07	79.04

	S_{w-d}	braccio	M_{w-d}
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	74.08	**1.07**	**79.04**

3) Sottospinta e relativo momento rispetto al polo A

Altezza sfiato	h_s	0.8	m
Sotto-Pressione in corrispondenza dello sfiato	P_{hs}	8.04	kN/m^2
Pressione idrodostatica alla base del m.p.	P_s	32.1664	kN/m^2

		S_S	braccio	M_{Ss}
Sottospinta esercitata sulla fondazione del muro paraonde della diga di sottoflutto e relativo momento rispetto al polo A		*(kN/m)*	*(m)*	*[(kN m)/m]*
		54.28	4.09	221.01

	S_s	braccio	M_s
Risultante	***(kN/m)***	***(m)***	***[(kN m)/m]***
	94.8	**5.1**	**221.01**

10.1 Verifiche SLU

10.1.1 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 1 (A1+M1+R1)

	(rad)	*(°)*
Inclinazione β del piano di fondazione	0.113792	6.5

Azioni		
Peso proprio (*abbreviazione p-p*)	233.61	*(kN/m)*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione S_{w-d})	74.08	*(kN/m)*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione S_s)	54.28	*(kN/m)*

	γ	F_N	F_T
	(-)	*(kN/m)*	*(kN/m)*
Componenti ortogonali al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p\text{-}p_N$)	1.0	232.1	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,N*)	0.0	8.4	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,N*)	1.5	53.9	-
Componenti parallele al piano inclinato			
Peso proprio (abbreviazione $p\text{-}p_T$)	1.0	-	26.53
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,T*)	1.5	-	73.60
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,T*)	1.5	-	6.16

Determinazione del coefficiente di attrito μ terreno-terreno	ϕ'_{cv}	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$	$\mu=\tan(\phi'_d)$
	(°)	*(-)*	*(°)*	*(-)*
	37.5	1.0	37.5	0.8

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1)			
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,N}+\gamma_{Q,fav}\cdot F_{w\text{-}d,N}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{s,N})$		**116.02**	***(kN/m)***
Calcolo di $E_d=\gamma_{Q,sfav}\cdot(F_{w\text{-}d,T}+F_{s,T})-\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,T}$		**93.13**	***(kN/m)***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$ →→→ 1.25 > 1.0**	

10.1.2 Verifica a scorrimento: Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Inclinazione β del piano di fondazione	*[rad]*	*[°]*
	0.113792	6.5

Azioni		
Peso proprio (*abbreviazione p-p_N*)	233.61	*(kN/m)*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $S_{w\text{-}d,N}$)	74.08	*(kN/m)*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $S_{s,N}$)	54.28	*(kN/m)*

coefficienti SLU

	Coeff. Parziali γ	**F_N**	**F_T**
	(-)	*(kN/m)*	*(kN/m)*
Componenti ortogonali al piano di fondazione			
Peso proprio (abbreviazione *p-p_N*)	1.0	232.1	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,N*)	0.0	8.4	-
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,N*)	1.5	53.9	-
Componenti parallele al piano di fondazione			
Peso proprio (abbreviazione *p-p_T*)	1.0	-	26.53
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d,T*)	1.5	-	73.60
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *s,T*)	1.5	-	6.16

Determinazione del coefficiente di attrito statico μ terreno-terreno	**ϕ'_{cv}**	**$\gamma_{\phi'}$**	**$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$**	**$\mu=\tan(\phi'_d)$**
	(°)	*(-)*	*(°)*	*(-)*
	37.5	1.3	31.5	0.6

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO: Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2)				
Calcolo di $R_d=\mu\cdot(\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,N}+\gamma_{Q,fav}\cdot F_{w\text{-}d,N}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{s,N})$			**99.44**	***[kN]***
Calcolo di $E_d=\gamma_{Q,sfav}\cdot(F_{w\text{-}d,T}+F_{s,T})-\gamma_{G,fav}\cdot F_{p\text{-}p,T}$			**77.17**	***[kN]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d>\gamma_R$ →→→**	**1.45 > 1.1**	

10.1.3 Verifiche al ribaltamento: Combinazione A_{EQU}+M2

A_{EQU}			M2	
$\gamma_{G,fav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{Q,sfav}$	$\gamma_{\phi'}$	γ_{γ}
0.9	1.5	1.5	1.3	1.0
p-p	S_{w-d}	S_s	terreno	terreno

Momenti		
Peso proprio (*abbreviazione p-p$_N$*)	876.03	*[(kN m)/m]*
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione $S_{w-d,N}$)	79.04	*[(kN m)/m]*
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione $S_{s,N}$)	222.01	*[(kN m)/m]*

VERIFICA AL RIBALTAMENTO: Combinazione A_{EQU}+M2				
Calcolo di $R_d = \gamma_{G,fav} \cdot M_{p-p}$			**788.43**	***[(kN m)/m]***
Calcolo di $E_d = \gamma_{Q,sfav} \cdot (M_{w-d} + M_s)$			**451.57**	***[(kN m)/m]***
La verifica allo scorrimento risulta:	**soddisfatta**	**$R_d/E_d > \gamma_R$**	**→→→ 1.75 > 1.0**	

10.1.4 Verifica capacità portante: Approccio 2 – Combinazione (A1+M1+R3)

	Coeff. Parziali γ	Azioni		Momenti	
		F_o	F_v	M_{stab}	M_{rib}
		(kN/m)	*(kN/m)*	*[(kN m)/m]*	*[(kN m)/m]*
Peso proprio (abbreviazione *p-p*)	1.0	-	233.61	876.03	-
Spinta idrodinamica del moto ondoso (abbreviazione *w-d*)	1.5	74.08	-	-	79.04
Sottospinta del moto ondoso (abbreviazione *S*)	1.5	-	54.28	-	222.01

	ϕ'_{cv}	$\gamma_{\phi'}$	$\phi'_d=\tan^{-1}[\tan(\phi'_{cv})/\gamma_d]$
Determinazione angolo di attrito di progetto	*[°]*	*[-]*	*[°]*
	37.5	1.0	37.5

Lunghezza **L** della sezione in fondazione del muro paraonde	1.0	*[m]*
Larghezza **B** della sezione in fondazione del muro paraonde	5.5	*[m]*

VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO: Approccio 2 - Combinazione (A1+M1+R3)						
Calcolo di $E_d=\gamma_{G,fav}\cdot F_{v,Tot}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{v,s}$					**152.19**	***[kN]***
Calcolo di $M_A=\gamma_{G,fav}\cdot M_{stab,p-p}-\gamma_{Q,sfav}\cdot(M_{rib,w-d}+M_{rib,s})$					424.5	***[kN·m]***
Calcolo dell'eccentricità in fondazione e= B/2-M_A/E_d					0.04	***[m]***
Calcolo della larghezza ridotta della fondazione B'=B-2·e					5.42	***[m]***
Calcolo dell'angolo $\alpha=tg^{-1}(H/V)=tg^{-1}[\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{o,w-d}/(\gamma_{G,fav}\cdot F_{v,p-p}-\gamma_{Q,sfav}\cdot F_{v,s})]$					36.1	***[°]***
Fattori di capacità portante	*$N_q = tg^2(45+\phi'/2)\cdot e^{\pi tg\phi'}$ (Prandtl, 1921)*		*$N_c=(N_q-1)/tg\phi'$ (Reissner, 1924)*		*$N_\gamma=2\cdot(N_q+1)\cdot tg\phi'$ (Vesic, 1970)*	
	N_q =	**45.81**	**N_c =**	**58.4**	**N_γ =**	**71.8**
Fattori di inclinazione	*$i_q = [1-0.5\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^2$ (Hansen, 1970)*		*$i_c = i_q - [(1-i_q)/(1-N_q)]$ (Hansen-Vesic, 1973)*		*$i_\gamma = [1-0.7\cdot H/(V+B'\cdot L\cdot c'\cdot cotg\phi')]^3$ (Hansen, 1970)*	
	i_q =	**0.42**	**i_c =**	**0.44**	**i_γ =**	**0.13**
Fattori di Profondità	*$d_q =1+2k\cdot tan\phi'\cdot(1-sen\phi')^2$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_c =1+0.4\cdot k$ (Brinch-Hansen, 1970)*		*$d_\gamma =1$ (Brinch-Hansen, 1970)*	
	d_q =	**1.00**	**d_c =**	**1.0**	**d_γ =**	**1.0**
	con k uguale a D/B= 0.00 [m] per D/B<1					
Pressione q a tergo del piano di posa della fondazione					**0.0**	***[kN·m²]***
Peso immerso dell'unità di volume γ' del pietrame di imbasamento					**8.5**	***[kN·m³]***
Coesione efficace c del pietrame di imbasamento					**0.0**	***[kPa]***
Calcolo di $R_d=L\cdot B'\cdot(c'\cdot N_c\cdot d_c\cdot i_c+q\cdot N_q\cdot d_q\cdot i_q+1/2\cdot\gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma\cdot d_\gamma\cdot i_\gamma)$					**1201.43**	***[kN]***
La verifica allo schiacciamento risulta:	**soddisfatta**		**$R_d/E_d>\gamma_R$**	**→→→**	**7.89 > 2.3**	

11. ANALISI DI STABILITA' GEOTECNICA GLOBALE

Le verifiche di stabilità del nuovo molo sono state riferite ai criteri propri delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/08 dei quali vengono preliminarmente richiamati i riflessi applicativi.

11.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (slu)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

dove Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

e Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

Gli effetti delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto $X_k/\gamma M$ e della geometria di progetto ad. Nella formulazione della resistenza R_d, compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti (A1+M1+R1 e A2+M2+R2): la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di Coefficienti (A1+M1+R3), da adottare sia nelle verifiche strutturali sia in quelle geotecniche.

Nell'ambito di ciascun approccio si calcolano in questo modo l'azione di progetto Ed e la resistenza di progetto Rd, che sono già affette dai coefficienti di sicurezza parziali, per cui la verifica impone semplicemente che sia soddisfatta la disuguaglianza Rd ≥ Ed.

Il valore di progetto delle azioni Ed è calcolata considerando i seguenti coefficienti parziali γ_f :

$$Ed = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q$$

Il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando, nella modellazione utilizzata, contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

Coefficienti parziali relativi alle azioni per verifiche D.M.08					
CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(**A1**) STR	(**A2**) GEO
Permanenti	*Favorevole*	γ_G	0.9	1.3	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.0	1.0
Permanenti non strutturali(1)	*Favorevole*	γ_{G2}	0.0	1.5	1.3
	Sfavorevole		1.5	0	0
Variabili	*Favorevole*	γ_Q	0.0	1.5	1.3
	Sfavorevole		1.5	0	0

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Per il calcolo della resistenza di progetto R_d i corrispondenti valori di progetto delle proprietà del terreno X_d devono essere ricavati dai "valori caratteristici X_k" mediante la:

$$X_d = X_k / \gamma_m$$

dove γ_m è il coefficiente parziale.

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno				
PARAMETRO	**GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE**	**Coefficiente Parziale γ_M**	**(M1)**	**(M2)**
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	**$\tan(\varphi'_k)$**	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	**c'_k**	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	**cu_k**	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

Infine i coefficienti parziali γ_R che operano direttamente sulla resistenza del sistema sono definiti in funzione della tipologia di opera geotecnica e della verifica di stabilità da effettuare.

11.2 Azione sismica secondo il D.M. 14-01-2008

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono la possibilità di analizzare le condizioni di stabilità globali mediante i cosiddetti metodi pseudo-statici. Nell'analisi pseudo-statica l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico.

I coefficienti sismici orizzontale (k_h) e verticale (k_v) che interessano tutte le masse sono funzione di amax, l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, moltiplicata per un coefficiente ·m funzione delle caratteristiche del sottosuolo. Questa a sua volta è data dal valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido ag moltiplicata per un coefficiente SS, dipendente dalle caratteristiche stratigrafiche dei terreni, e un coefficiente ST in funzione delle caratteristiche topografiche.

Considerando le caratteristiche dell'opera e la probabilità di superamento corrispondente allo stato limite di salvaguardia della vita SLV, si ottiene (v. Relazione Geologica del dic 2010 di art 5 PP) un valore dell'accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido a_g pari a 0.113g. Assumendo nel caso in esame un coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_S = 1.5, topografica S_T=1.0, un valore di β_m pari a 0.240, si ottengono i seguenti valori dei coefficienti sismici in direzione orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max}/g = 0.041$$
$$k_y = 0{,}5 \cdot k_h = 0.02$$

La componente verticale dell'azione sismica deve essere considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

11.3 Metodologia di analisi

Le verifiche di stabilità globale sono state condotte con il consolidato metodo dell'equilibrio limite di "Morgenstern-Price"

Con l'ausilio di un programma di calcolo automatico (GeoStudio 2004 della Geo-Slope International), sono state indagate numerose condizioni limiti di equilibrio con riferimento a diversi potenziali cinematismi di rottura.

Le condizioni di stabilità globale delle varie sezioni di progetto investigate sono state in particolare verificate nelle condizioni più sfavorevoli attribuendo ai diversi strati di terreno interessati i corrispondenti parametri geotecnici.

11.4 Stabilità globale della sez EE (banchina antiriflettente dell'area cantiere): risultati ottenuti

Il progetto prevede la realizzazione di una banchina antiriflettente per l'area del cantiere navale (eccettuata la darsena per trave lift ove è prevista una banchina a massi sovrapposti)

La verifica di stabilità globale della sez. EE deve essere effettuata, in accordo con il DM08, secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R2), adottando un coefficiente parziale γ_R pari a 1.1.

Le verifiche di stabilità sono state riferite ad una sezione di riferimento che per dimensioni geometriche e caratterizzazione stratigrafica dei terreni rappresenta le condizioni della banchina in oggetto. Le analisi sono state riferite a cinematismi di rottura caratterizzate da superfici di scorrimento locali e profonde.

In tutti i casi analizzati **sono risultate garantite accettabili condizioni di stabilità di insieme**: in quanto segue sono riportati gli esiti delle verifiche, rappresentate dal valore del coefficiente di sicurezza **FoS** riferito alla superficie di scorrimento critica **sempre superiore a γ_R = 1,1**.

Di seguito sono riportate le verifiche eseguite, tutte a lungo termine (condizioni drenate) data la natura sabbiosa dei terreni interessati):

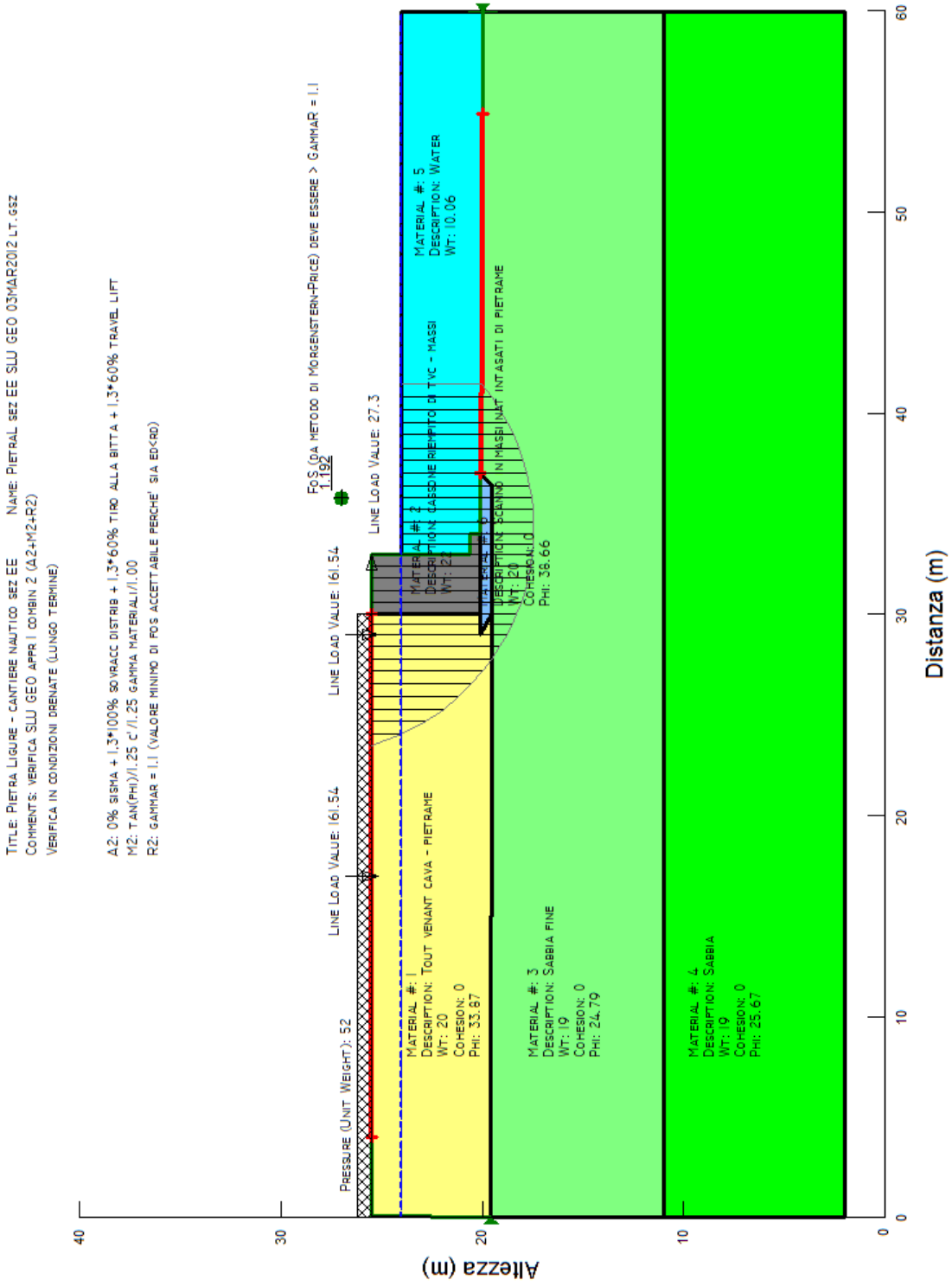

TITLE: PIETRA LIGURE - CANTIERE NAUTICO SEZ EE
NAME: PIETRAL SEZ EE SLU GEO 03MAR2012 LT.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLU GEO APPR 1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 0% SISMA + 1.3*100% SOVRACC DISTRIB + 1.3*60% TIRO ALLA BITTA + 1.3*60% TRAVEL LIFT
M2: TAN(PHI)/1.25 C'/1.25 GAMMA MATERIAL/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FOS ACCETTABILE PERCHE' SIA EC<RD)
FOS (DA METODO DI MORGENSTERN-PRICE) DEVE ESSERE > GAMMAR = 1.1
1.192
LINE LOAD VALUE: 27.3
LINE LOAD VALUE: 161.54
LINE LOAD VALUE: 161.54
PRESSURE (UNIT WEIGHT): 52
MATERIAL #: 5
DESCRIPTION: WATER
WT: 10.06
MATERIAL #: 2
DESCRIPTION: CASSONE RIEMPITO DI TVC - MASSI
WT: 22
MATERIAL #: 1
DESCRIPTION: TOUT VENANT CAVA - PIETRAME
WT: 20
COHESION: 0
PHI: 33.87
MATERIAL #: 3
DESCRIPTION: SABBIA FINE
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 24.79
MATERIAL #: 4
DESCRIPTION: SABBIA
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 25.67
Altezza (m)
Distanza (m)
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60

Figura 9

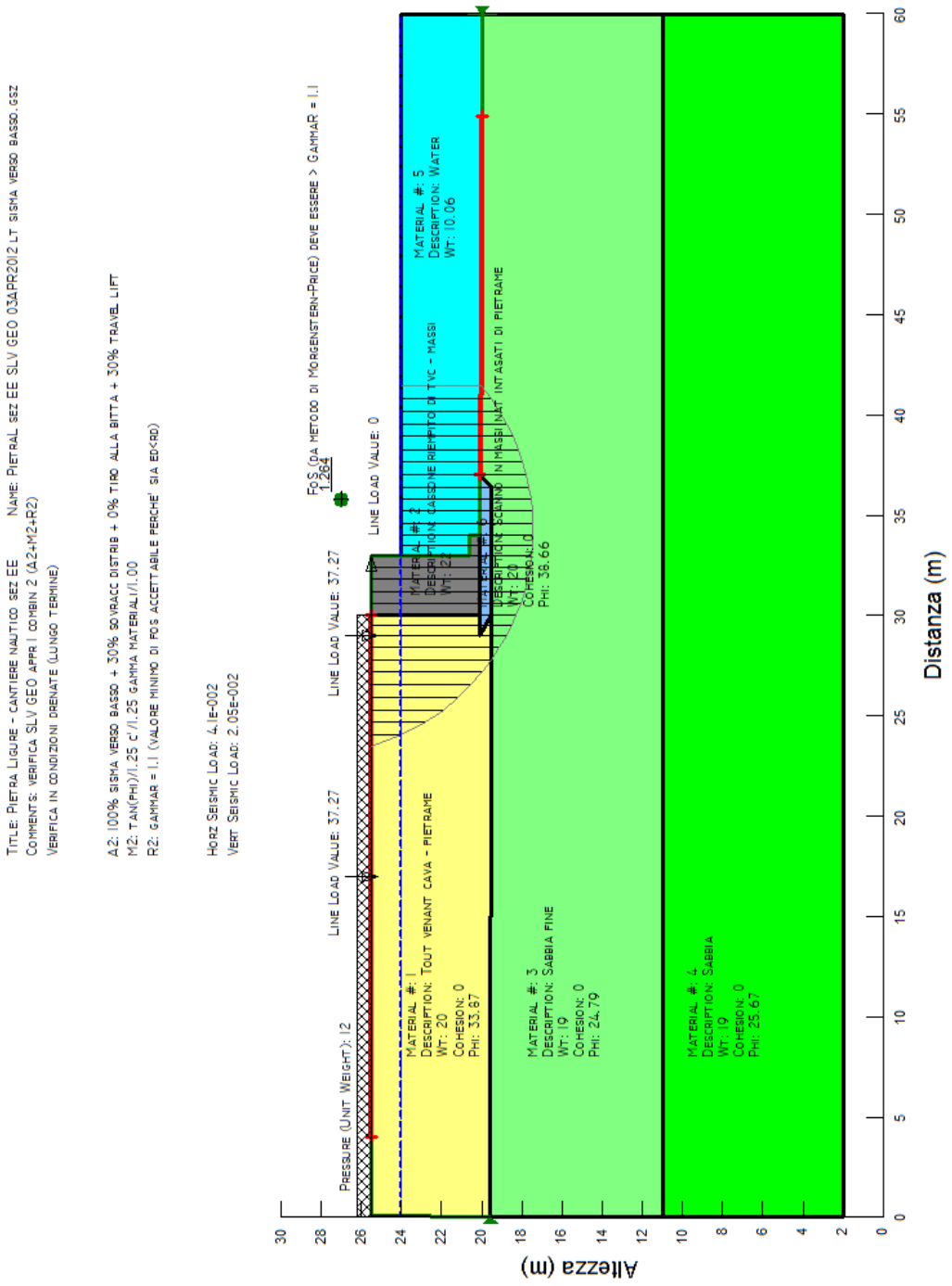

TITLE: PIETRA LIGURE - CANTIERE NAUTICO SEZ EE NAME: PIETRAL SEZ EE SLV GEO 03APR2012 LT SISMA VERSO BASSO.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA VERSO BASSO + 30% SOVRACC DISTRIB + 0% TIRO ALLA BITTA + 30% TRAVEL LIFT
M2: TAN(PHI)/1.25 C'/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FOS ACCETTABILE PERCHE' SIA EC/RD)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: 2.05E-002
FOS (DA METODO DI MORGENSTERN-PRICE) DEVE ESSERE > GAMMAR = 1.1
1.264
LINE LOAD VALUE: 0
LINE LOAD VALUE: 37.27
LINE LOAD VALUE: 37.27
PRESSURE (UNIT WEIGHT): 12
MATERIAL #: 1
DESCRIPTION: TOUT VENANT CAVA - PIETRAME
WT: 20
COHESION: 0
PHI: 33.67
MATERIAL #: 2
DESCRIPTION: GABBIONE RIEMPITO DI TVC - MASSI
WT: 21
MATERIAL #: 3
DESCRIPTION: SABBIA FINE
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 24.79
MATERIAL #: 4
DESCRIPTION: SABBIA
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 25.67
MATERIAL #: 5
DESCRIPTION: WATER
WT: 10.06
DESCRIPTION: SCANNO IN MASSI NAT INTASATI DI PIETRAME
WT: 20
COHESION: 0
PHI: 38.66
Altezza (m)
Distanza (m)

Figura 10

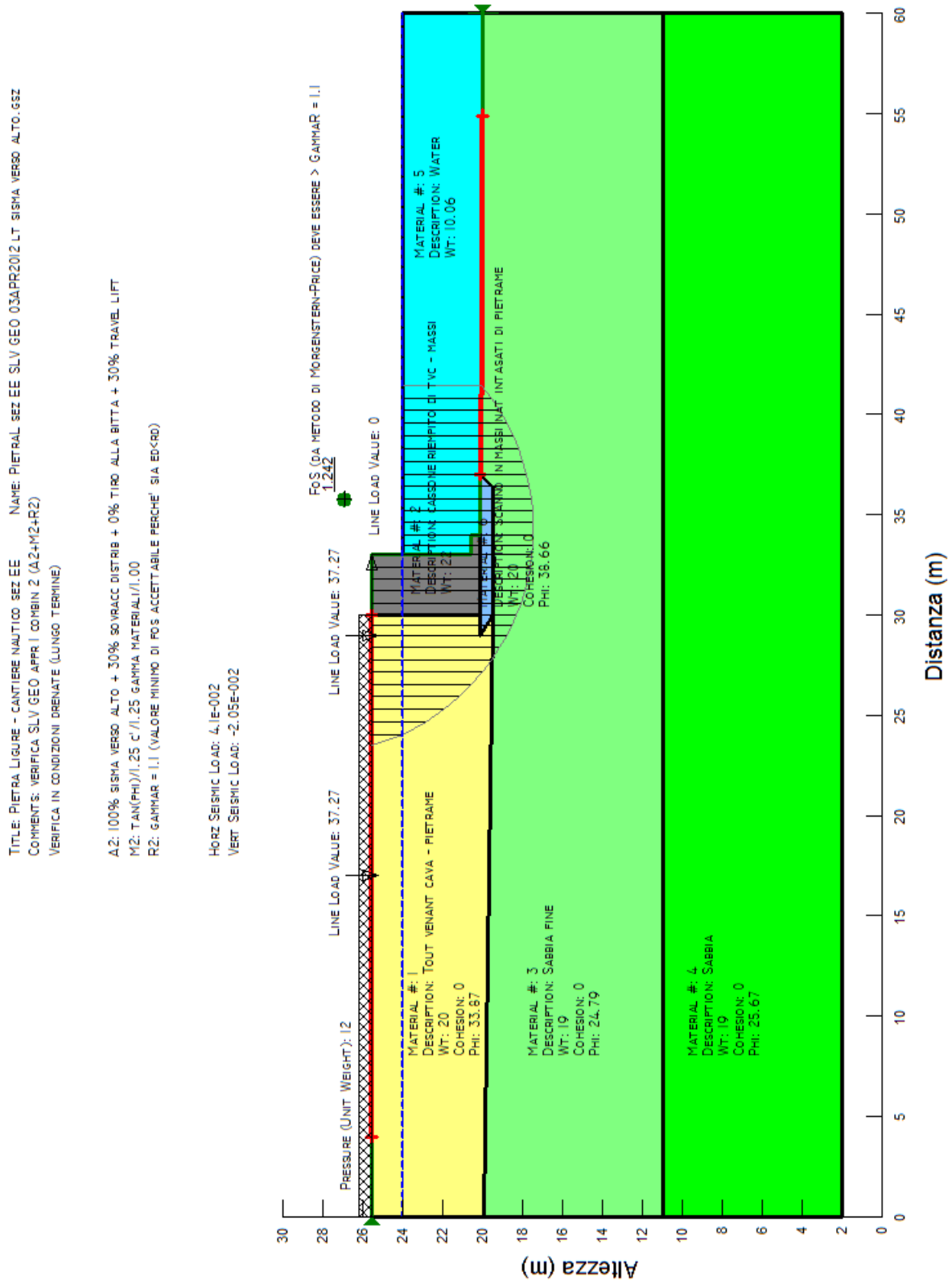

TITLE: PIETRA LIGURE - CANTIERE NAUTICO SEZ EE
NAME: PIETRAL SEZ EE SLV GEO 03APR2012 LT SISMA VERSO ALTO.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA VERSO ALTO + 30% SOVRACC DISTRIB + 0% TIRO ALLA BITTA + 30% TRAVEL LIFT
M2: TAN(PHI)/1.25 C'/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FOS ACCETTABILE PERCHE' SIA EDCRD)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: -2.05E-002
FOS (DA METODO DI MORGENSTERN-PRICE) DEVE ESSERE > GAMMAR = 1.1
1.242
LINE LOAD VALUE: 0
LINE LOAD VALUE: 37.27
LINE LOAD VALUE: 37.27
PRESSURE (UNIT WEIGHT): 12
MATERIAL #: 1
DESCRIPTION: TOUT VENANT CAVA - PIETRAME
WT: 20
COHESION: 0
PHI: 33.87
MATERIAL #: 2
DESCRIPTION: CASSONE RIEMPITO DI TVC - MASSI
WT: 22
MATERIAL #: 3
DESCRIPTION: SABBIA FINE
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 24.79
MATERIAL #: 4
DESCRIPTION: SABBIA
WT: 19
COHESION: 0
PHI: 25.67
MATERIAL #: 5
DESCRIPTION: WATER
WT: 10.06
DESCRIPTION: SCANNO IN MASSI NAT INTASATI DI PIETRAME
WT: 20
COHESION: 0
PHI: 38.66
Altezza (m)
Distanza (m)

Figura 11

Si noti che il sovraccarico accidentale di banchina considerato (40 KN/m2) è doppio rispetto a quello considerato nelle verifiche alla traslazione orizzontale, al ribaltamento ed allo schiacciamento della fondazione superficiale (riportate in altri capitoli della presente relazione); così come anche (sempre in favore della sicurezza) l'avere considerato tale sovraccarico applicato sino al bordo di monte della banchina (quando si prevede, invece, che sia limitato da un apposito cordolo posto a 2 m dal bordo di monte della banchina).

11.5 Stabilità globale della sez BB (diga sopraflutto lato mare): risultati ottenuti

In aggiunta alla verifiche (sempre in condizioni drenate) effettuate per la sez. EE, nel presente caso sono state simulate per la SLU, oltre alla usuale condizione di livello medio marino, anche le condizioni di cresta d'onda e di cavo d'onda.

Di seguito sono riportate le verifiche effettuate (tutte positive) essendo risultato FoS > 1,1:

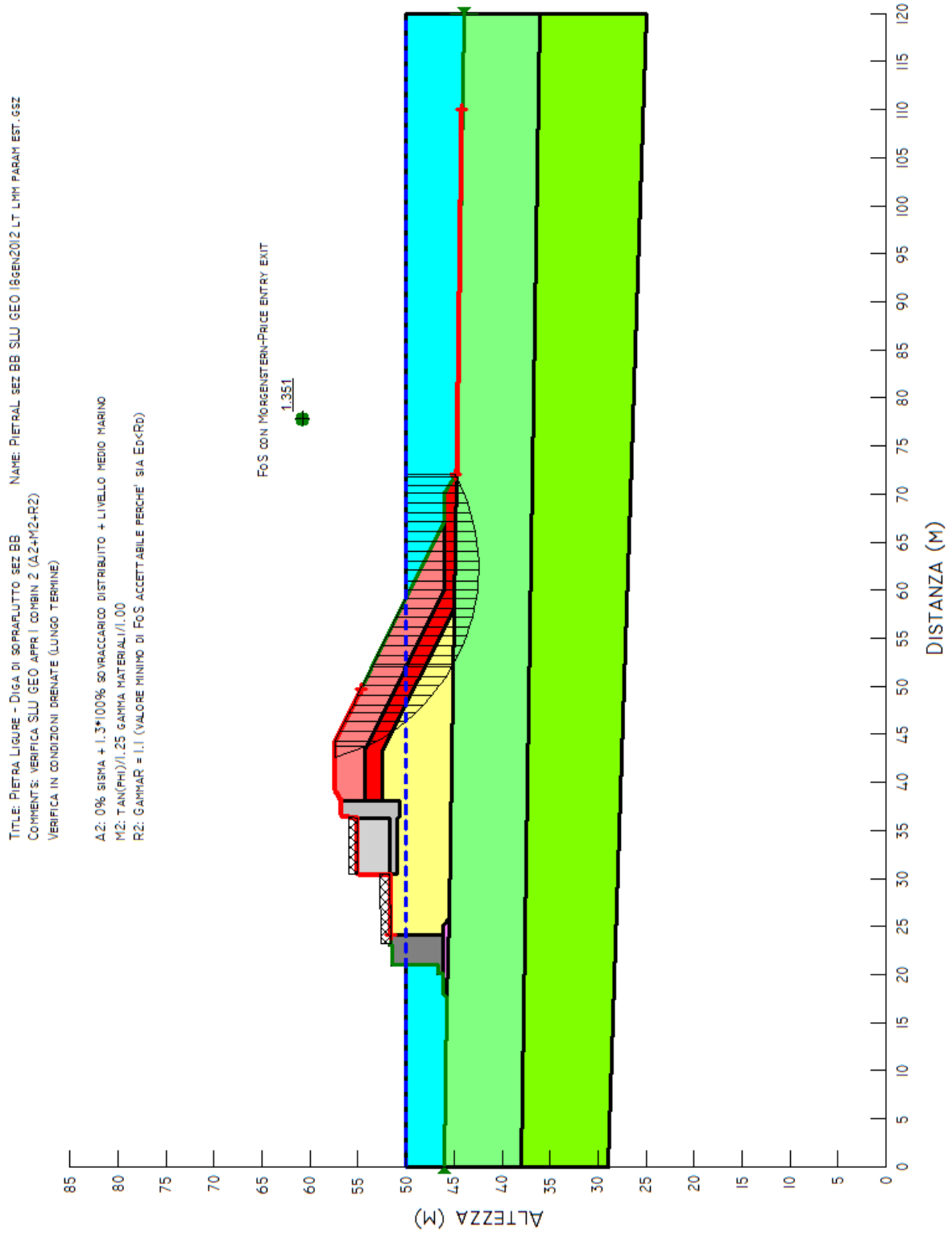

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
NAME: PIETRAL SEZ BB SLU GEO I8GEN2012 LT LMM PARAM EST.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLU GEO APPR I COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 0% SISMA + 1.3*100% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + LIVELLO MEDIO MARINO
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
FoS CON MORGENSTERN-PRICE ENTRY EXIT
1.351
DISTANZA (M)
ALTEZZA (M)

Figura 12

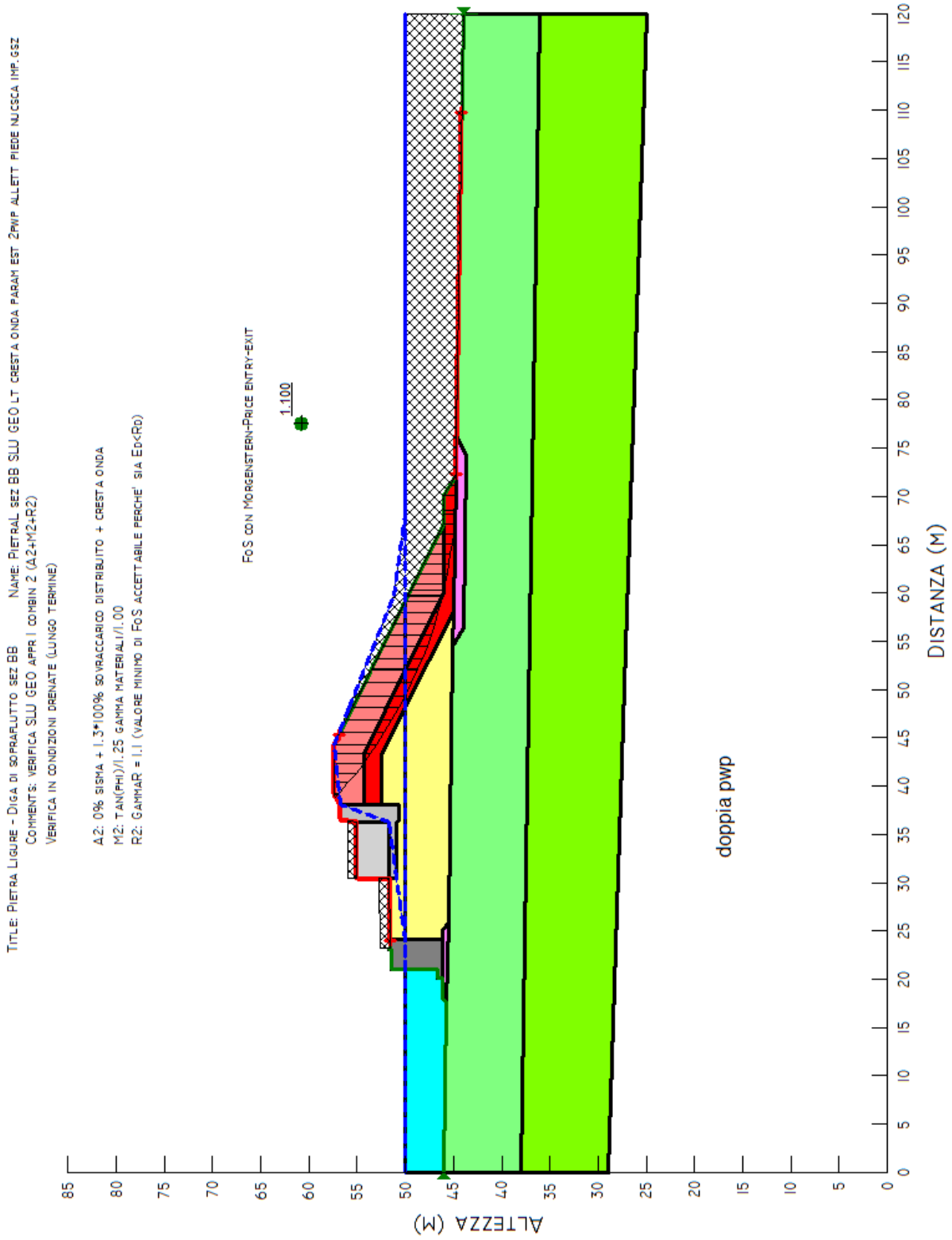

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
NAME: PIETRAL SEZ BB SLU GEO LT CRESTA ONDA PARAM EST 2PWP ALLETT PIEDE NUCSCA IMP.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLU GEO APPR I COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 0% SISMA + 1.3*100% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + CRESTA ONDA
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
FoS CON MORGENSTERN-PRICE ENTRY-EXIT
1.100
doppia pwp
DISTANZA (M)
ALTEZZA (M)

Figura 13

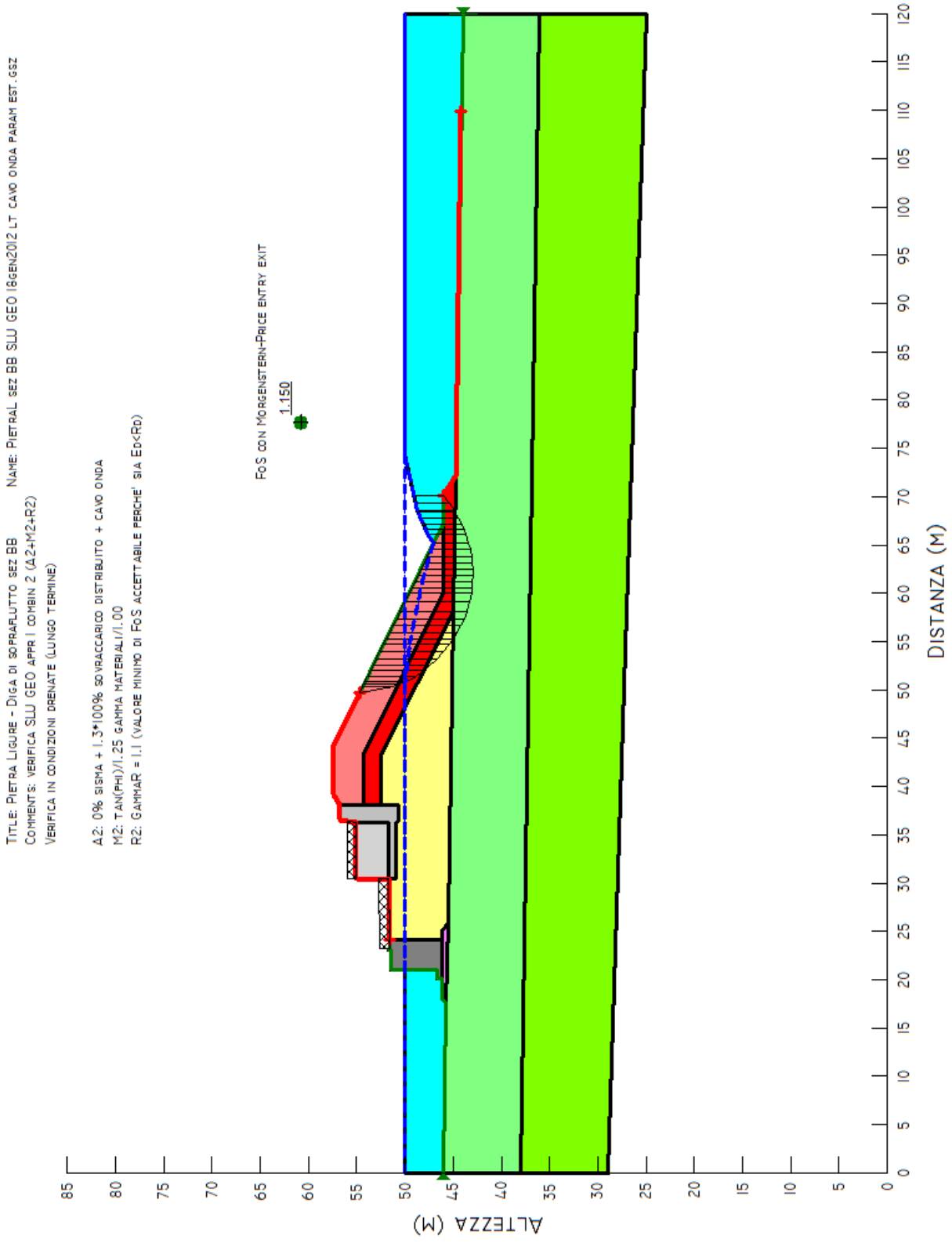

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
COMMENTS: VERIFICA SLU GEO APPR I COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
NAME: PIETRAL SEZ BB SLU GEO 18GEN2012 LT CAVO ONDA PARAM EST.GSZ
A2: 0% SISMA + 1.3*100% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + CAVO ONDA
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
FoS con Morgenstern-Price entry exit
1.150
DISTANZA (M)
ALTEZZA (M)

Figura 14

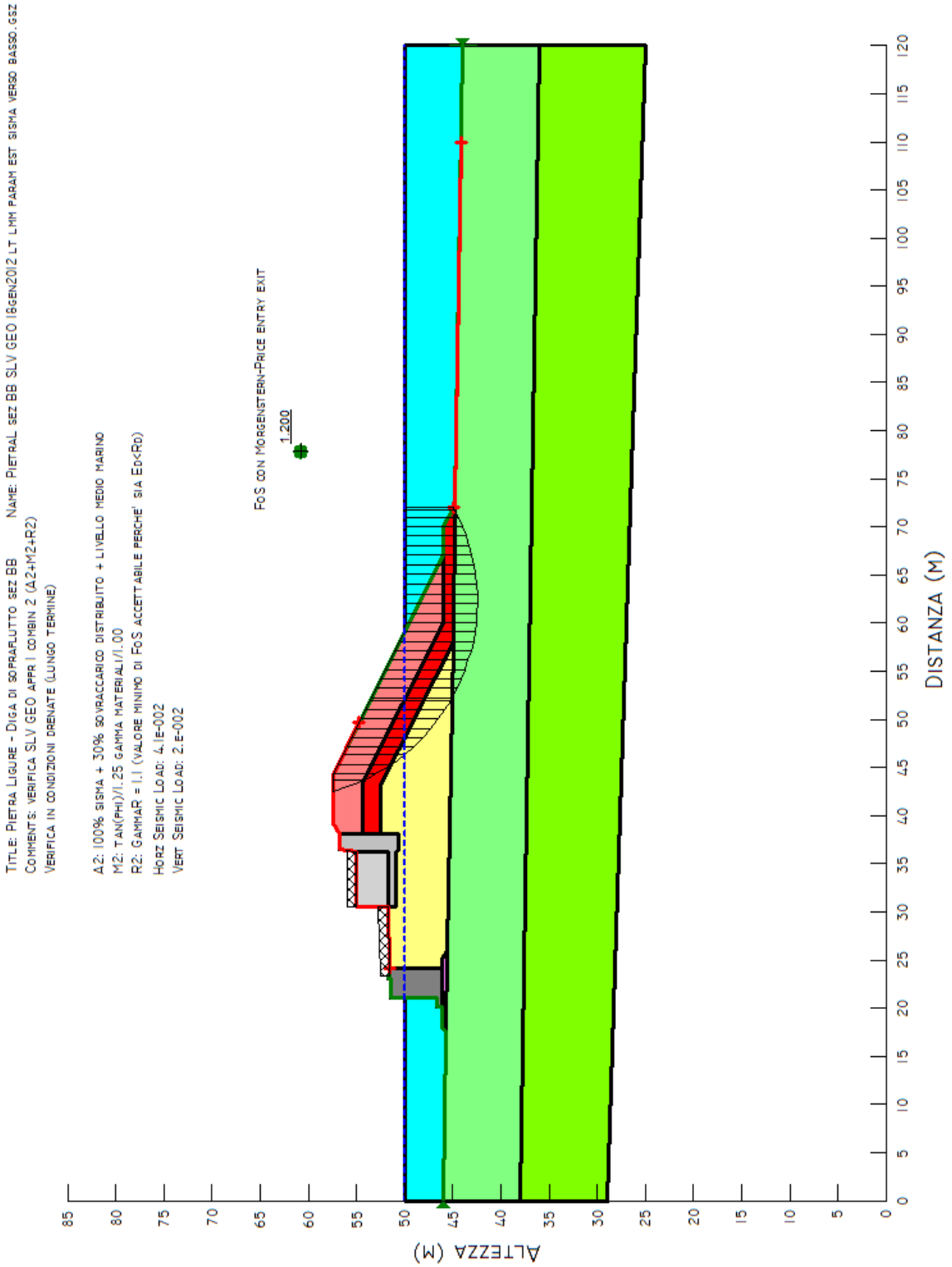

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
NAME: PIETRAL SEZ BB SLV GEO IBGEN2012 LT LMM PARAM EST SISMA VERSO BASSO.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR 1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA + 30% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + LIVELLO MEDIO MARINO
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: 2.E-002
FoS CON MORGENSTERN-PRICE ENTRY EXIT
1.200
DISTANZA (M)
ALTEZZA (M)

Figura 15

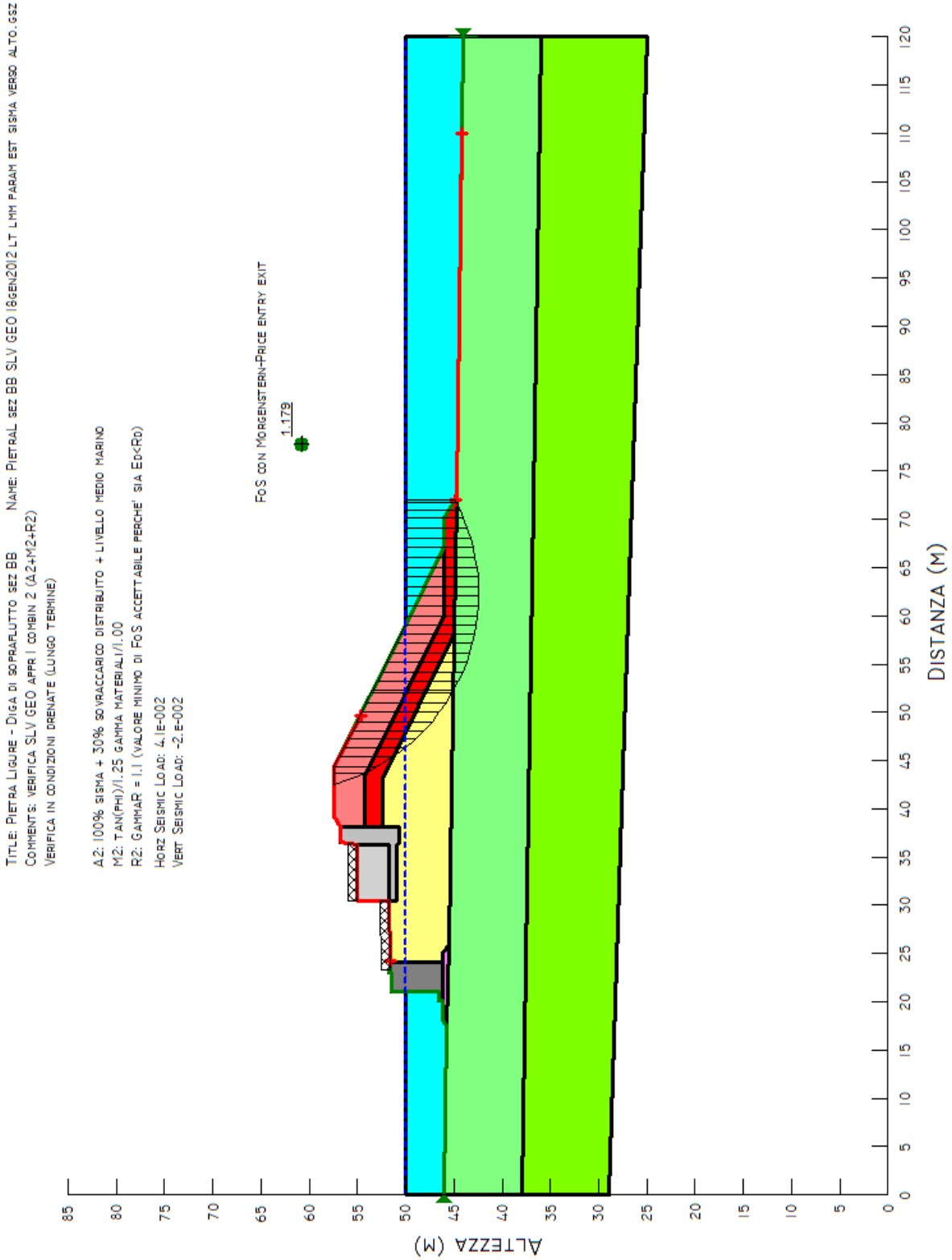

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
NAME: PIETRAL SEZ BB SLV GEO 18GEN2012 LT LMM PARAM EST SISMA VERSO ALTO.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR 1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA + 30% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + LIVELLO MEDIO MARINO
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: -2.E-002
FoS CON MORGENSTERN-PRICE ENTRY EXIT
1.179
DISTANZA (M)
ALTEZZA (M)

Figura 16

11.6 Stabilità globale della sez BB (diga sopraflutto lato porto): risultati ottenuti

Di seguito sono riportate le verifiche effettuate (tutte positive) essendo risultato FoS > 1,1:

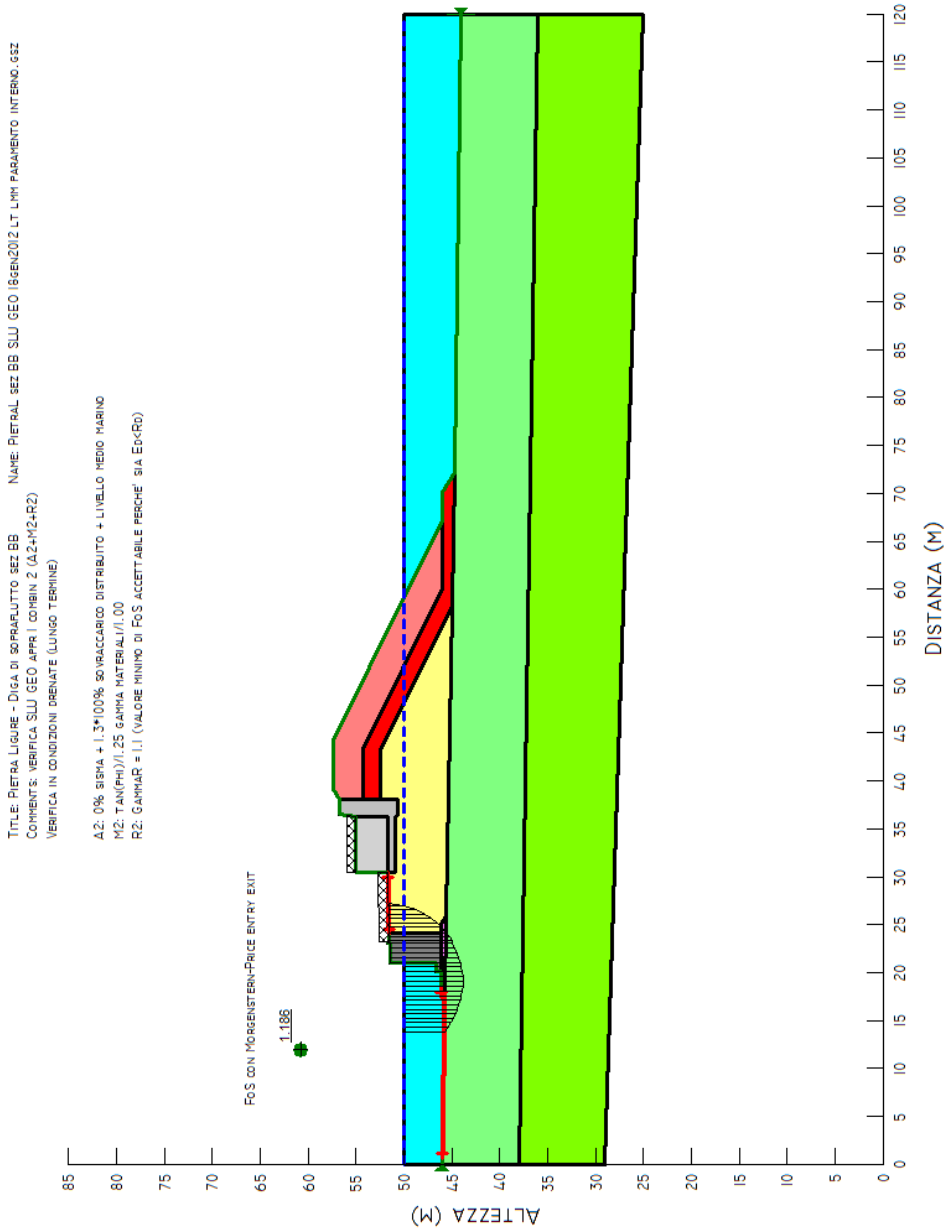


Figura 17

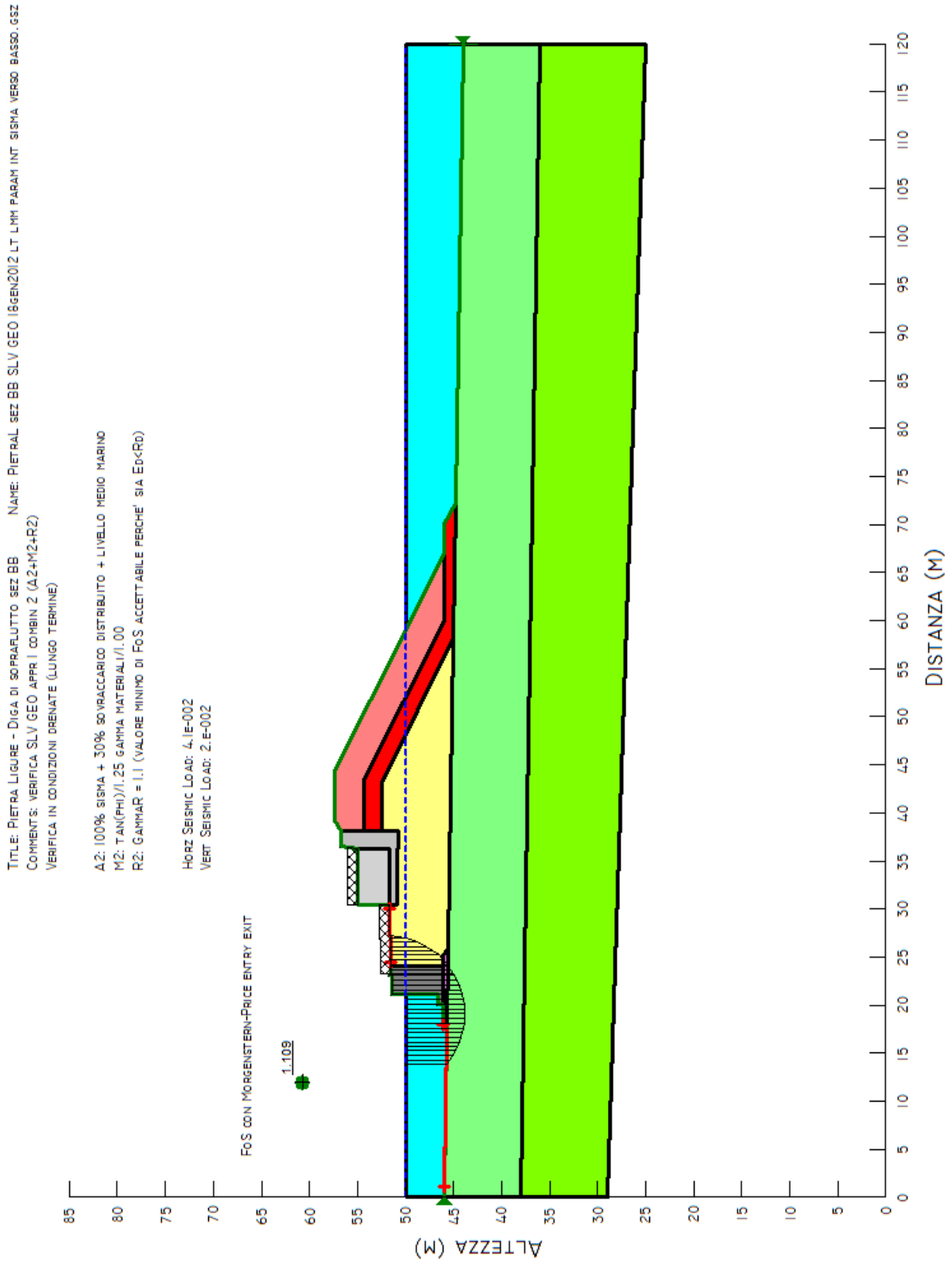

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB
NAME: PIETRAL SEZ BB SLV GEO 16GEN2012 LT LMM PARAM INT SISMA VERSO BASSO.GSZ
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR 1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA + 30% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + LIVELLO MEDIO MARINO
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FoS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: 2.E-002
FoS con Morgenstern-Price entry exit
1.109
ALTEZZA (M)
DISTANZA (M)

Figura 18

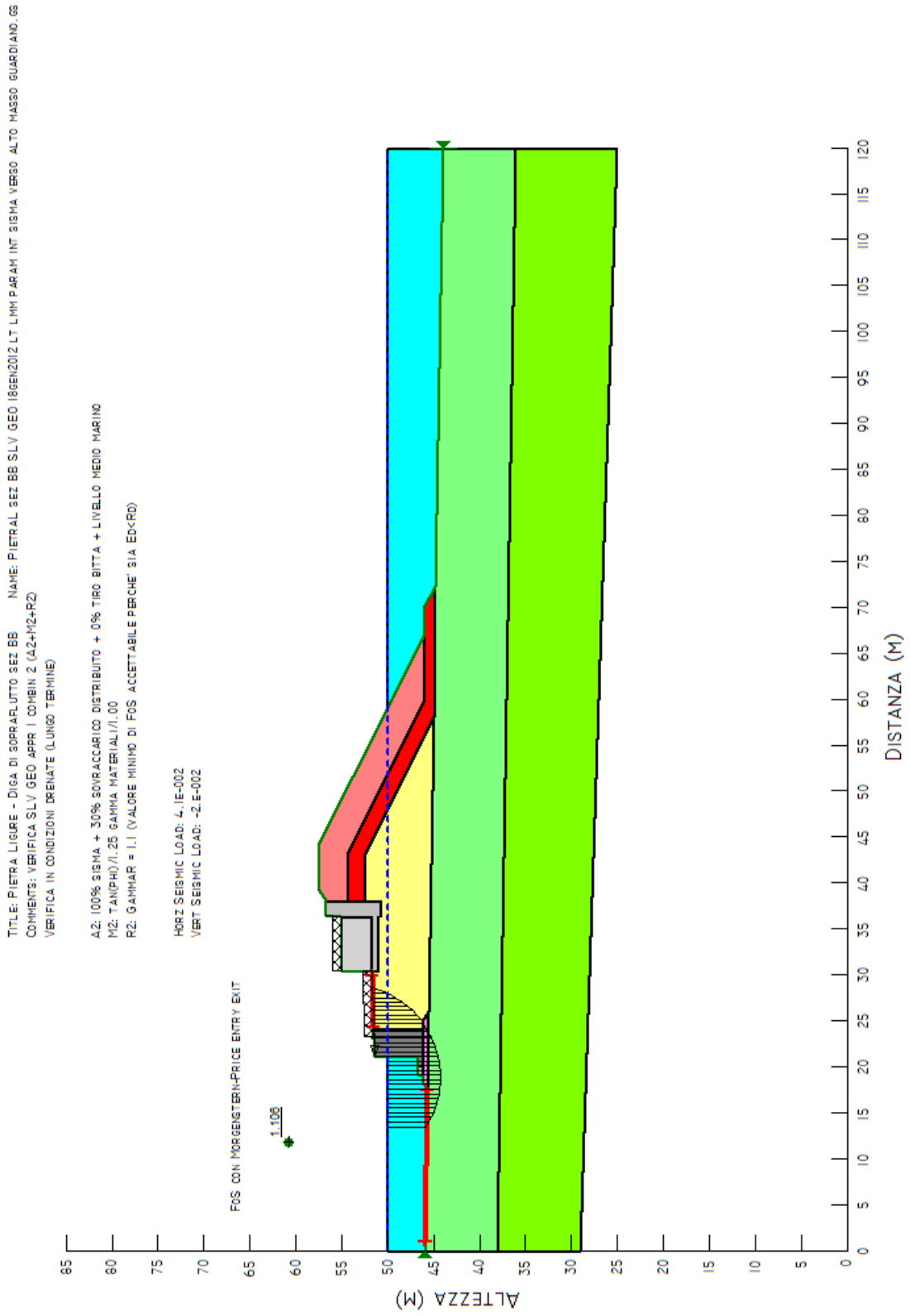

TITLE: PIETRA LIGURE - DIGA DI SOPRAFLUTTO SEZ BB NAME: PIETRAL SEZ BB SLV GEO 18GEN2012 LT LMM PARAM INT SISMA VERSO ALTO MASSO GUARDIANO.GS
COMMENTS: VERIFICA SLV GEO APPR 1 COMBIN 2 (A2+M2+R2)
VERIFICA IN CONDIZIONI DRENATE (LUNGO TERMINE)
A2: 100% SISMA + 30% SOVRACCARICO DISTRIBUITO + 0% TIRO BITTA + LIVELLO MEDIO MARINO
M2: TAN(PHI)/1.25 GAMMA MATERIALI/1.00
R2: GAMMAR = 1.1 (VALORE MINIMO DI FOS ACCETTABILE PERCHE' SIA Ed<Rd)
HORZ SEISMIC LOAD: 4.1E-002
VERT SEISMIC LOAD: -2.E-002
FOS CON MORGENSTERN-PRICE ENTRY EXIT
1.108
ALTEZZA (M)
DISTANZA (M)

Figura 19

11.7 Stabilità globale della sez HH: risultati ottenuti

Di seguito sono riportate le verifiche effettuate (tutte positive) essendo risultato FoS > 1,1:

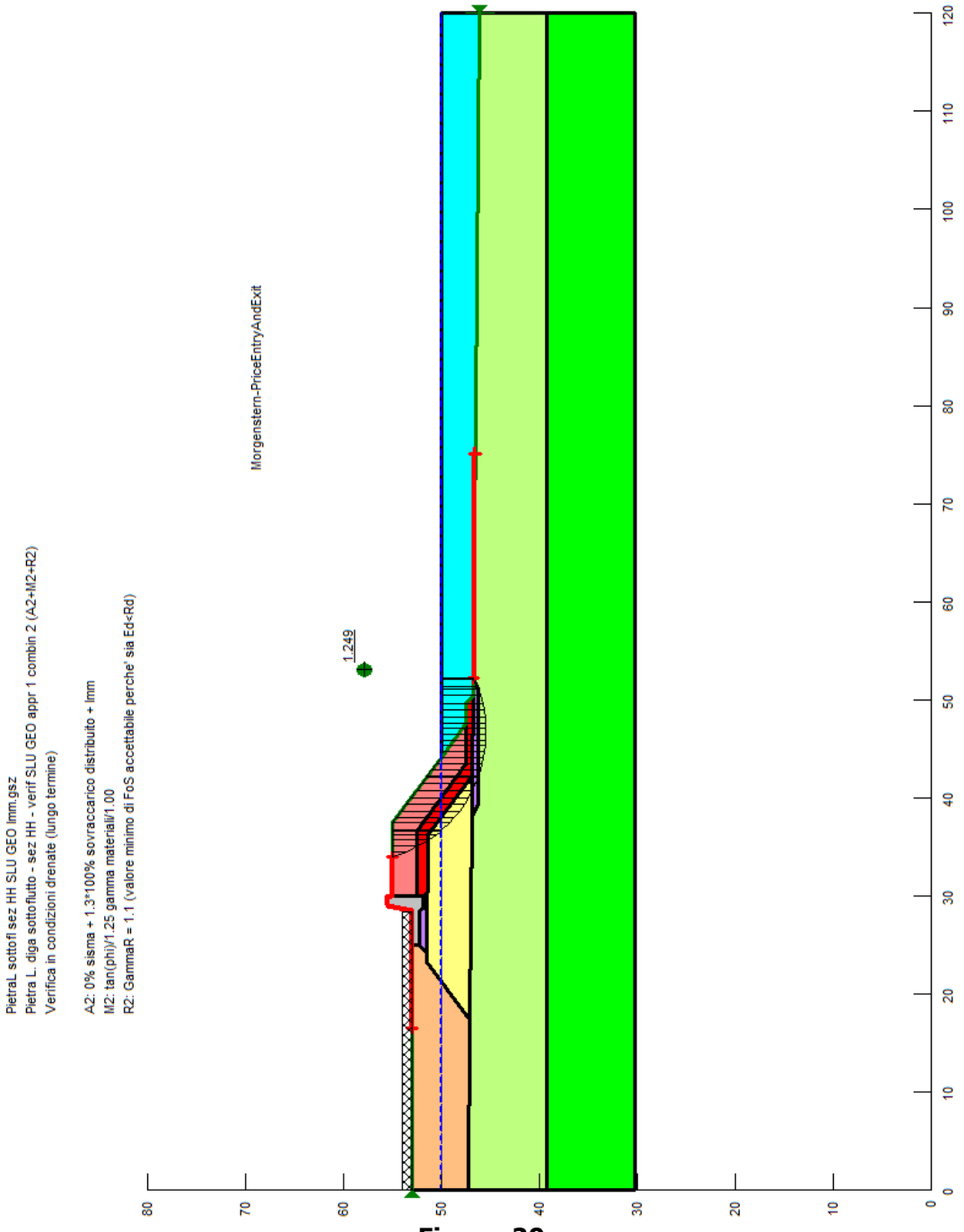


Figura 20

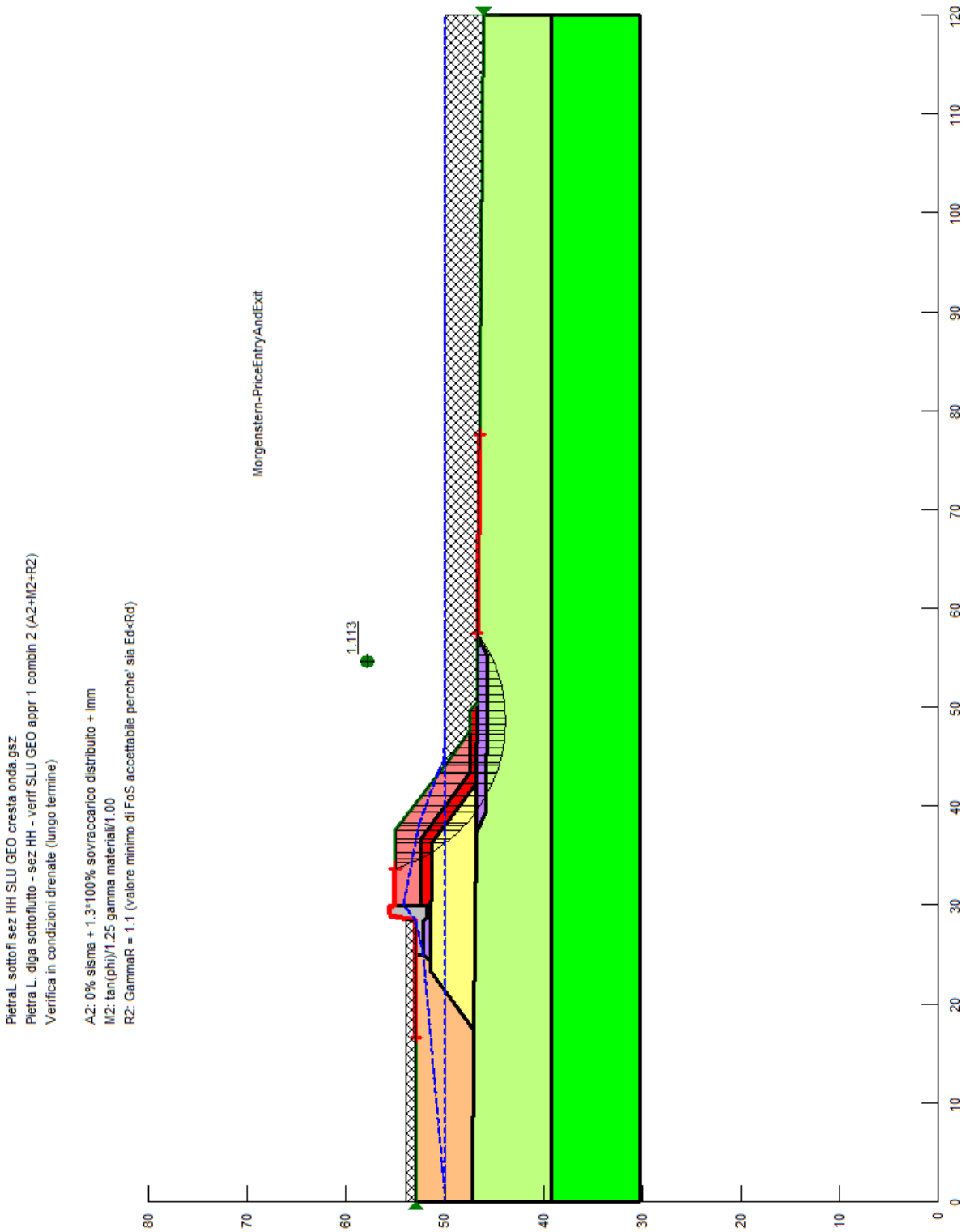

PietraL sottofl sez HH SLU GEO cresta onda.gsz
Pietra L. diga sottoflutto - sez HH - verif SLU GEO appr 1 combin 2 (A2+M2+R2)
Verifica in condizioni drenate (lungo termine)
A2: 0% sisma + 1.3*100% sovraccarico distribuito + lmm
M2: tan(phi)/1.25 gamma materiali/1.00
R2: GammaR = 1.1 (valore minimo di FoS accettabile perche' sia Ed<Rd)
Morgenstern-PriceEntryAndExit
1.113
80
70
60
50
40
30
20
10
0
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Figura 21

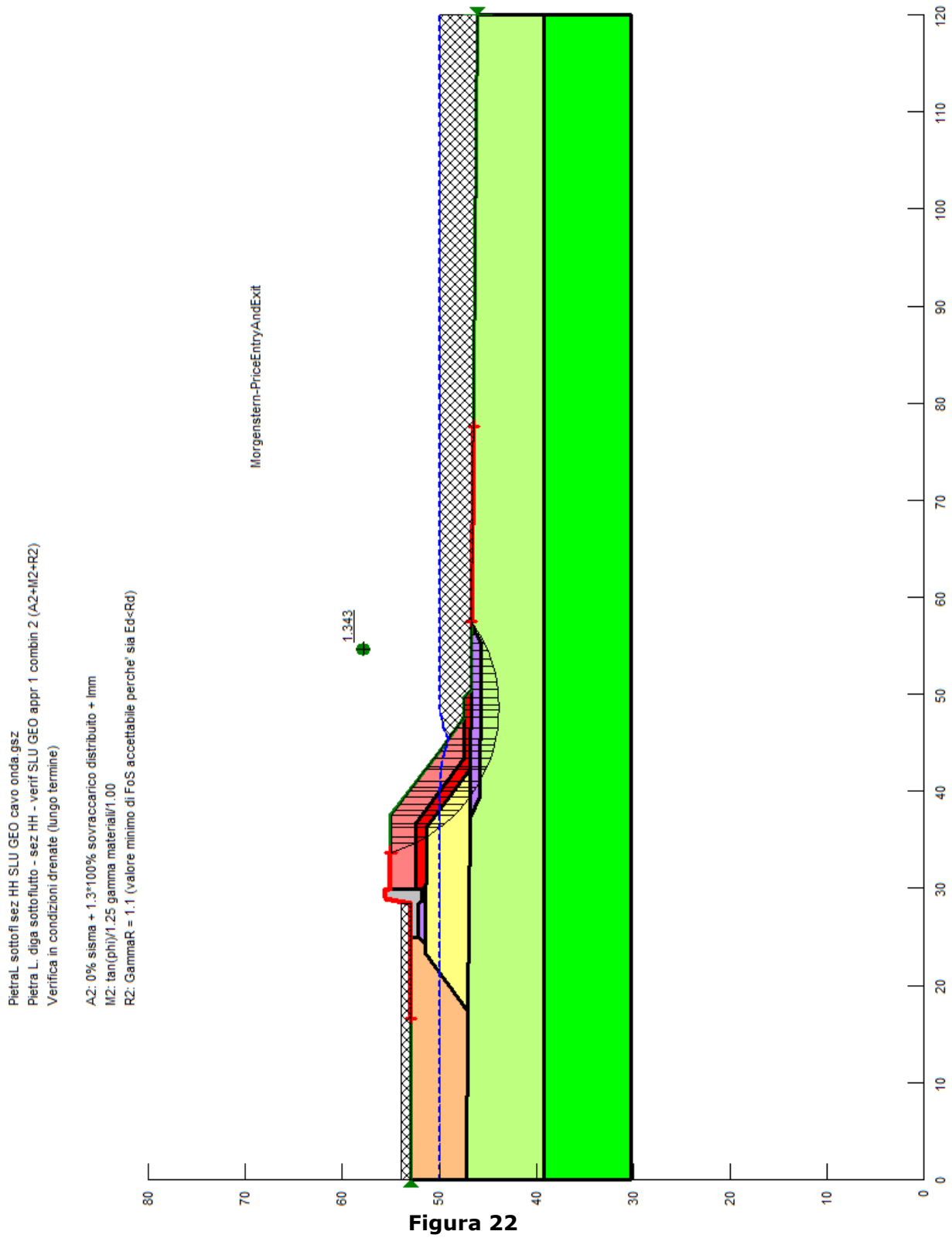

PietraL sottofl sez HH SLU GEO cavo onda.gsz
Pietra L. diga sottoflutto - sez HH - verif SLU GEO appr 1 combin 2 (A2+M2+R2)
Verifica in condizioni drenate (lungo termine)
A2: 0% sisma + 1.3*100% sovraccarico distribuito + lmm
M2: tan(phi)/1.25 gamma materiali/1.00
R2: GammaR = 1.1 (valore minimo di FoS accettabile perche' sia Ed<Rd)
Morgenstern-PriceEntryAndExit
1.343
80
70
60
50
40
30
20
10
0
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Figura 22

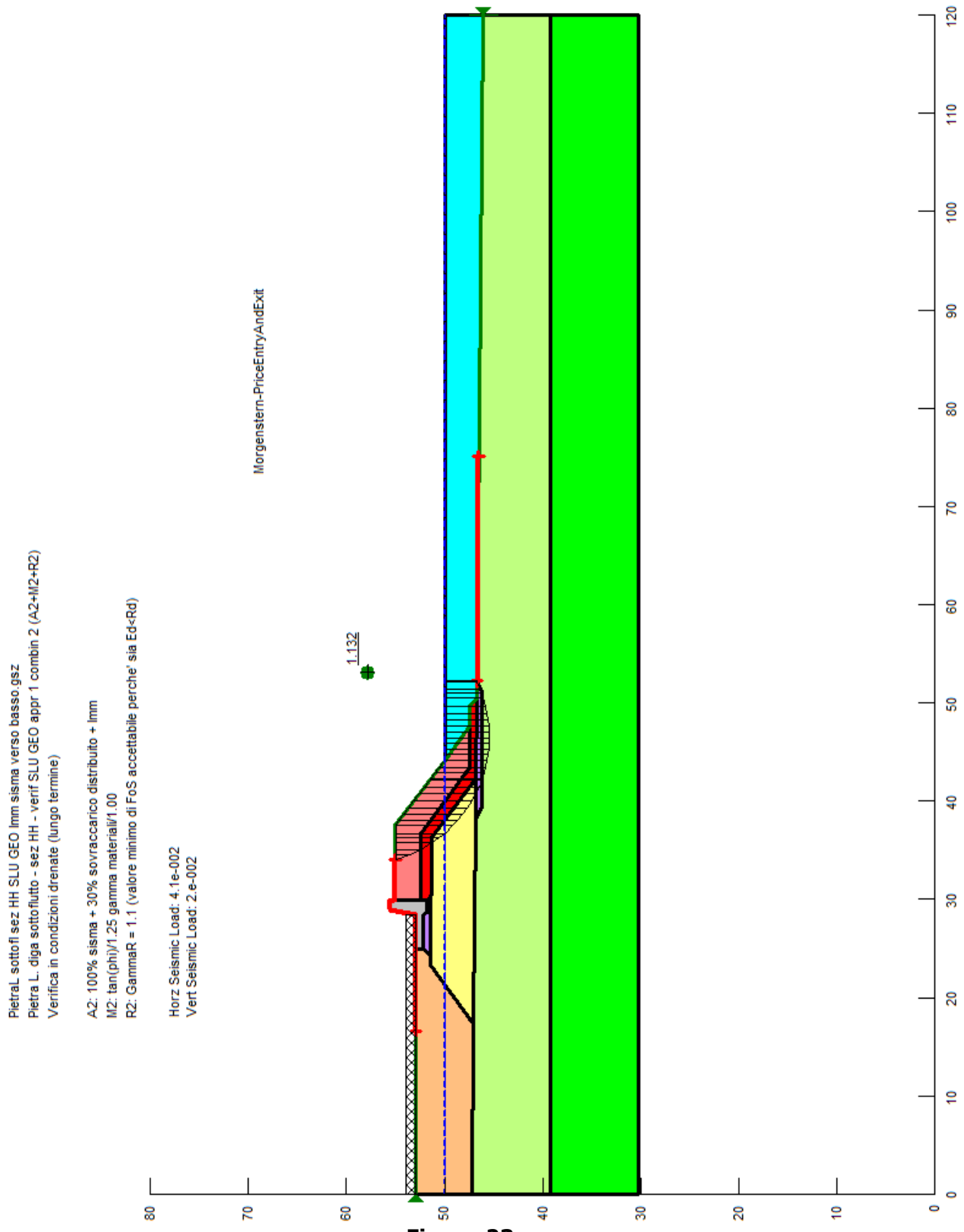

PietraL sottofl sez HH SLU GEO Imm sisma verso basso.gsz
Pietra L. diga sottoflutto - sez HH - verif SLU GEO appr 1 combin 2 (A2+M2+R2)
Verifica in condizioni drenate (lungo termine)
A2: 100% sisma + 30% sovraccarico distribuito + Imm
M2: tan(phi)/1.25 gamma materiali/1.00
R2: GammaR = 1.1 (valore minimo di FoS accettabile perche' sia Ed<Rd)
Horz Seismic Load: 4.1e-002
Vert Seismic Load: 2.e-002
Morgenstern-PriceEntryAndExit
1.132
80
70
60
50
40
30
20
10
0
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Figura 23

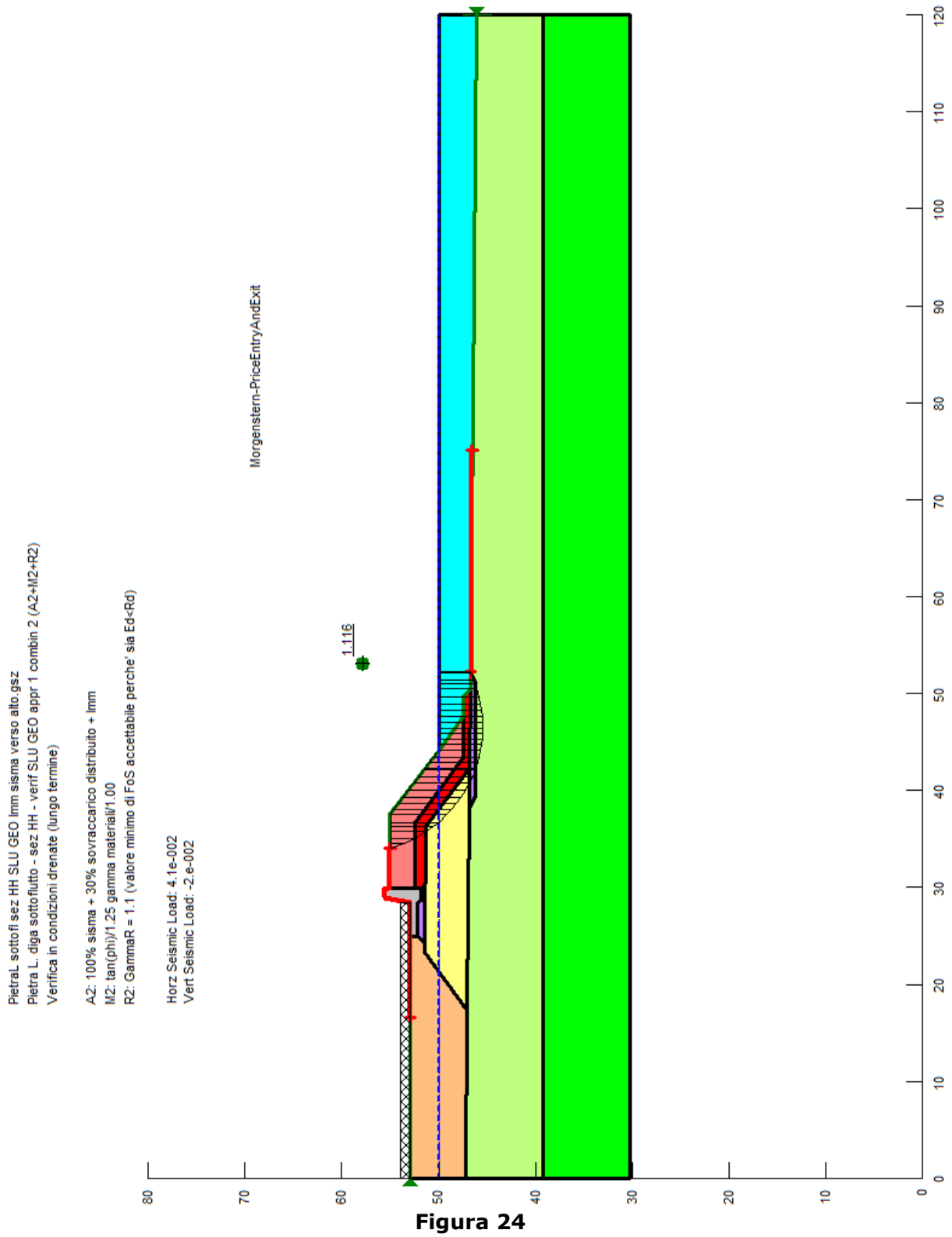

PietraL sottofl sez HH SLU GEO Imm sisma verso alto.gsz
Pietra L. diga sottoflutto - sez HH - verif SLU GEO appr 1 combin 2 (A2+M2+R2)
Verifica in condizioni drenate (lungo termine)
A2: 100% sisma + 30% sovraccarico distribuito + Imm
M2: tan(phi)/1.25 gamma materiali/1.00
R2: GammaR = 1.1 (valore minimo di FoS accettabile perche' sia Ed<Rd)
Horz Seismic Load: 4.1e-002
Vert Seismic Load: -2.e-002
Morgenstern-PriceEntryAndExit
1.116
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Figura 24

12. BIBLIOGRAFIA

- U.S. Corps of Engineers – Coastal Engineering Manual – Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 2001.
- U.S. Corps of Engineers – Shore Protection Manual – Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 1984.
- Noli ed altri – Opere esterne di difesa dei porti – Esa ed. Roma, 1980.
- J.E. Bowles – Foundation analysis and design – Mc Graw Hill ed., 1988.
- R. Lancellotta – Geotecnica – Zanichelli ed., Torino.
- R. Lancellotta, D. Costanzo, S. Foti – Progettazione geotecnica – Hoepli ed., Milano, 2011.
- G. Calabresi – Tecnica delle fondazioni e costruzioni in terra, Università degli Studi "La Sapienza", Roma.
- B.O. Tobiasson & Al. – Marinas and small craft harbors – Van Nostrand Reinhold, 1991.
- C.A. Thoresen – Port Designer's handbook: Recommendations and Guidelines – Thomas Telford, 2003.
- Joseph E. Bowles – Fondazioni: Progetto e analisi – McGraw-Hill, Milano, 1998.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14.01.2008 – Nuove norme tecniche per le costruzioni (pubblicato su S.O. n. 30 della G.U. 4 febbraio 2008, n.29).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare esplicativa n. 617 del 2.2.2009 (pubblicata su S.O. n. 27 della G.U. 26 febbraio 2009, n. 47).
- Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici EN 1998-5.
- Associazione Geotecnica Italiana – Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica: Linee Guida – Bologna 2005.