



*Isole Egadi*  
*Comune di Favignana*  
*Provincia Regionale di Trapani*

**LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA**



**PROGETTO ESECUTIVO - 1° STRALCIO FUNZIONALE**

*Ufficio di progettazione:*

Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili  
Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche  
Sicilia - Calabria  
*Ufficio 3 Tecnico e Opere Marittime per la Sicilia*

**Responsabile Unico del Procedimento:**

*Ing. Salvatore Caruso*

**I PROGETTISTI:**

*Dott. Ing. Leonardo Tallo*

**Collaboratori:**

*Geom. Francesco Daidone*

**IL DIRIGENTE:**

*Dott. Ing. Giovanni Coppola*

*Dott. Ing. Gianluca Marvuglia*

*Geom. Mario Lanzo*

*Dott. Ing. Giuseppe Scorsone*

**Il Progettista delle strutture:**

**DUOMI S.r.l.**

*Ing. Guglielmo Migliorino*



Rev.	Data	Descrizione	Eseguito	Controllato	Approvato
2	20 MAGGIO 2020	EMISSIONE REVISIONE 2	M.M.	M.M.	G.M.
1	11 DICEMBRE 2019	EMISSIONE REVISIONE 1	M.M.	M.M.	G.M.
0	21 MAGGIO 2019	EMISSIONE	-	-	-

Titolo elaborato :

**Relazione di calcolo geotecnico**

DATA	DESCRIZIONE	N°/SIGLA	REV	SCALA
20/05/2020	EMISSIONE REVISIONE 2	P E - R G E C	2	-



## SOMMARIO

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVE E ISTRUZIONI TECNICHE DI RIFERIMENTO .....	5
2.1	Normativa italiana sulle costruzioni .....	5
2.2	Norme straniere e istruzioni tecniche sulle costruzioni marittime .....	5
2.3	Bibliografia di riferimento .....	5
3	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO .....	7
4	AZIONI .....	9
4.1	Carichi permanenti .....	9
4.2	Sovraccarico di banchina .....	9
4.3	Moto ondoso .....	10
4.3.1	Diga a parete verticale .....	10
4.3.2	Muro di sponda a cassoni tipo G.....	10
4.4	Spinta del terreno di rinfianco in condizioni statiche .....	10
4.5	Tiro alla bitta.....	11
4.6	Urti e forze di accosto trasmesse attraverso il parabordo .....	11
4.6.1	Urto da nave fuori controllo .....	11
4.7	Sisma .....	12
4.7.1	Spinta del terreno in condizioni sismiche .....	15
4.7.2	Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina.....	16
4.7.3	Spinta idrodinamica indotta dal sisma.....	17
4.7.4	Forze di massa indotte dal sisma.....	17
5	VERIFICHE DI STABILITA` DEI CASSONI .....	18
5.1	Verifiche nei confronti degli stati limite (SLU).....	18
5.2	Capacità portante dei cassoni .....	20
5.3	Verifiche della capacità portante dei cassoni.....	20
5.3.1	Diga a parete verticale .....	21
5.3.2	Muro di sponda con Cassone tipo G1 .....	34
6	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL PRIMO TRATTO DELLA DIGA.....	38
6.1	Software di calcolo utilizzato .....	38
6.2	Opera a gettata esterna .....	40





---

6.2.1	Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità.....	40
6.2.2	Modello di calcolo .....	40
6.2.3	Risultati delle verifiche di stabilità globale .....	43
6.3	Banchina del MOLO .....	51
6.3.1	Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità.....	51
6.3.2	Modello di calcolo .....	51
6.3.3	Risultati delle verifiche di stabilità globale .....	54
6.4	Banchina alla RADICE .....	57
6.4.1	Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità.....	57
6.4.2	Modello di calcolo .....	57
6.4.3	Risultati delle verifiche di stabilità globale .....	59
7	VERIFICHE AGLI SLE.....	63
7.1	Software di calcolo utilizzato .....	64
7.1.1	Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità .....	64
7.2	Analisi agli SLE : DIGA A PARETE VERTICALE.....	64
7.2.1	Modello di calcolo e fasi costruttive.....	64
7.2.2	Risultati analisi e valutazione dei cedimenti SLE .....	73
7.2.3	Conclusioni.....	81
7.3	Analisi agli SLE : DIGA A GETTATA .....	82
7.3.1	Modello di calcolo e fasi costruttive.....	82
7.3.2	Risultati analisi e valutazione dei cedimenti SLE .....	92
7.3.3	Conclusioni.....	109
8	PARATIA DI SPONDA.....	110
8.1	Materiali .....	114
8.2	Software di calcolo utilizzato .....	115
8.3	Modelli di calcolo .....	116
8.4	Fasi esecutive di calcolo .....	118
8.5	Risultati .....	119
8.5.1	Paratia Tipo 1 .....	120
8.5.2	Paratia Tipo 2 .....	126
9	PLINTO SU PALI .....	131
9.1	Azioni .....	133

---



---

9.2	Determinazione dei carichi sui pali .....	134
9.3	Verifica a carico limite verticale dei pali .....	135
9.3.1	Determinazione del carico limite di trazione .....	135
9.3.2	Verifiche previste ai sensi delle NTC2018.....	136
9.3.3	Risultati.....	138
9.4	Verifica a carico limite orizzontale .....	138
9.4.1	Determinazione del carico limite orizzontale .....	138
9.4.2	Verifiche previste ai sensi delle NTC2018.....	140
9.4.3	Risultati.....	141
A	APPENDICE .....	146
A.1	Determinazione dei risultanti in fondazione “senza sovraccarico sul cassone” .....	146
A.2	Metodi dell’equilibrio limite.....	160
A.2.1	Metodo di Bishop semplificato .....	161
A.2.2	Metodo di Janbu semplificato .....	161
A.3	Modello costitutivo Hardening Soil.....	163
B	TABULATI .....	165
B.1	Tabulati Paratia Tipo 1 .....	166
B.2	Tabulati Paratia Tipo 2 .....	167



---

## **1      PREMESSA**

La presente relazione illustra i calcoli e le verifiche geotecniche delle opere previste nel progetto esecutivo 1° stralcio funzionale dei lavori di messa in sicurezza del Porto di Favignana.

In particolare lo studio comprende:

- Verifiche di carico limite dei cassoni cellulari;
- Verifiche di stabilità globale;
- Stima dei cedimenti e del loro decorso nel tempo dei cassoni cellulari e delle opere a gettata;
- Verifiche della Paratia di sponda, adiacente al banchinamento alla radice a cassoni;
- Verifiche del Plinto su pali per ancoraggio bitta da 100 t.

Le verifiche a scorrimento e a ribaltamento dei cassoni cellulari sono riportate nelle relazioni tecniche di verifica di stabilità dei cassoni cellulari.





## 2 NORMATIVE E ISTRUZIONI TECNICHE DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa italiana sulle costruzioni

- **Legge 05/11/71 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **Legge 02/02/74 n. 64** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **D.M. 14/01/2008** "Norme tecniche per le costruzioni";
- **Circolare n°617 del 02/02/2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** "Istruzioni per l'applicazione delle *Norme tecniche per le costruzioni* di cui al D.M. 14/01/2008";
- **Servizio Tecnico Centrale presso la Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Febbraio 2008** "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive";
- **D.M. 17/01/2018** "Norme tecniche per le costruzioni";
- **Circolare n°7 del 21/01/2019 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle *Norme tecniche per le costruzioni* di cui al D.M. 17/01/2018";

### 2.2 Norme straniere e istruzioni tecniche sulle costruzioni marittime

- **BS 6349-1:2000** "Maritime structures – Part 1: Code of practice for general criteria". British Standards Institution, London;
- **BS 6349-7:1991** "Maritime structures – Part 7: Guide to the design and construction of breakwaters". British Standards Institution, London;
- **C.S.LL.PP., CNR-GNDCI (1996)** "Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime". Pubbl. GNDCI n.1450;
- **PIANC (1997)** "Guidelines for the design of armoured slopes under open piled quay walls". Report of WG 22, Supplement to Bulletin no. 96, PIANC, Brussels;
- **ROM 0.2-90** "Actions in the design of maritime and harbour works". Maritime Works Recommendations, Puertos del Estado, Madrid;

### 2.3 Bibliografia di riferimento

- **CIRIA, CUR, CETMEF (2007)** "The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)". C683, CIRIA, London;
- **Associazione Geotecnica Italiana** - "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" Linee guida – Edizione provvisoria marzo 2005;
- **EAU 2004** - "Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbour and Waterways";



- **PIANC (2001)** - "Seismic Design Guidelines For Port Structures" Working Group n°34 of the Maritime Navigation Commission, International Navigation Association, Balkema, Lisse 2001;
- **Associazione Geotecnica Italiana** - "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio" – Gennaio 1994;
- **OCDI** - Technical standards for port and harbour facilities in Japan" - OCDI 1991;
- **Associazione Geotecnica Italiana** - "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" - Giugno 1977



### 3 MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni presenti nelle aree in esame si rimanda alla Relazione Geotecnica in cui sono stati raccolti ed interpretati i dati relativi alle campagne di indagini eseguite.

Dall'insieme delle risultanze stratigrafiche e geotecniche è stato derivato un modello geotecnico del sottosuolo per eseguire le verifiche delle condizioni di stabilità e di sicurezza delle opere nonché per stimare i cedimenti che le opere subiranno in fase di realizzazione ed in esercizio.

In estrema sintesi, i sondaggi geognostici hanno accertato che i terreni di fondazione sono costituiti da un complesso calcarenitico nel quale possono distinguersi due orizzonti: quello superficiale, dello spessore variabile rilevato dai sondaggi S1 e S2 pari a 5-8 m, caratterizzato da calcareniti più o meno cementate con sottili inclusioni sabbiose; il livello profondo è formato da alternanze disordinate di sabbie limose e sabbie con livelli di calcarenite cementata.

Si assume un modello geotecnico del sottosuolo caratterizzato dai parametri riportati in *Tabella 1*, di cui di seguito si esplicita il significato della simbologia:

- $\gamma_{sat}$  è il peso saturo dell'unità di volume;
- $\gamma_d$  è il peso secco dell'unità di volume;
- $c'$  è la coesione intercetta in condizioni drenate;
- $\varphi'$  è l'angolo di resistenza a taglio del terreno;
- $E'$  è il modulo di Young dello scheletro solido;
- $\nu'$  è il modulo di Poisson dello scheletro solido;

STRATO	SIMBOLO	Profondità iniziale (da fondale/p.c.)	Profondità finale (da fondale/p.c.)	$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$c'$	$\varphi'$	$E'$	$\nu'$
		[m]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
Sabbie calcarenitiche superficiali	SCS	0,00	8,00	19,00-20,00	15,00-15,50	0-10,00	35-40	7.000 ÷ 12.000	0,30
Sabbie calcarenitiche profonde	SCP	8,00	50,00	19,00-20,00	15,00-15,50	0-20,00	38-45	12.000 ÷ 22.000	0,30

*Tabella 1 - Parametri meccanici caratteristici del modello geotecnico del Progetto Esecutivo*

Per la formazione di calcarenite compatta affiorante, alla radice della diga, dove verrà realizzata la paratia tipo 2, si considerano i seguenti parametri:

- $\sigma_c$  resistenza a compressione semplice, nell'intervallo 6-20 MPa;
- $\gamma_{sat}$  peso unità di volume calcarenite, nell'intervallo 20-22 kN/m<sup>3</sup>.



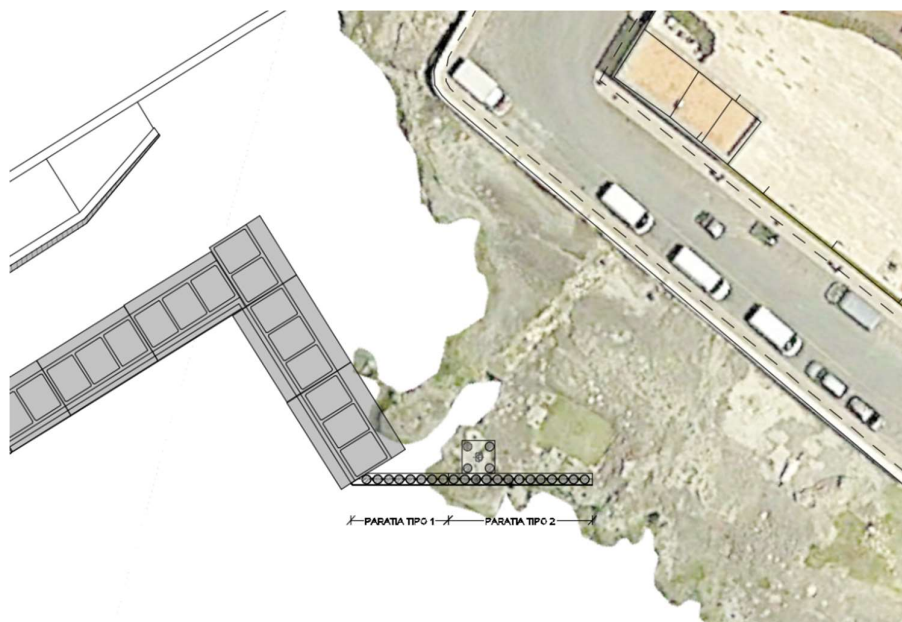


Figura 1 - Paratia Tipo 1 e Tipo 2: sovrapposizione planimetria di progetto su ortofoto

In *Tabella 2* sono riepilogati i valori caratteristici e di progetto dei parametri fisico-meccanici adottati nei calcoli, per i diversi litotipi e materiali individuati.

STRATO	$\gamma_s$	$n$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$c'$	$\varphi'$	$E'$	$\nu'$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]
Tout-venant	25,00	0,30	17,50	20,53	0,00	40,00	30.000,00	0,30
Pietrame	25,00	0,30	17,50	20,53	0,00	40,00	30.000,00	0,30
Scogli di 1a cat.	25,00	0,30	17,50	20,53	0,00	40,00	50.000,00	0,30
Scogli di 2a cat.	25,00	0,37	15,75	19,49	0,00	40,00	50.000,00	0,30
Tetrapodi	24,00	0,47	12,72	17,47	0,00	40,00	50.000,00	0,30

Tabella 2 - Parametri meccanici caratteristici dei materiali da costruzione

Al pietrame e al tout venant è stato attribuito un modulo di compressibilità iniziale  $E'$  pari a 30 MPa, per tenere conto dello scarso addensamento iniziale del materiale conseguente alle modalità della sua collocazione in opera.

Per il tout venant, il pietrame e gli scogli di 1a cat. si è ipotizzato una porosità equivalente pari al 30%. Per gli scogli di 2° cat. e i tetrapodi in cls i valori di porosità sono stati ricavati da letteratura. Tutti i materiali di cui sopra hanno un comportamento di tipo drenato.



## 4 AZIONI

### 4.1 Carichi permanenti

Per carichi permanenti, nella presente relazione, si intendono i pesi propri dei terreni, della sovrastruttura e paraonde previsti in progetto e le spinte che essi esercitano sulle opere di sostegno ed i pesi propri degli elementi strutturali in modo statico.

### 4.2 Sovraccarico di banchina

Il sovraccarico di progetto è pari a:

- 40 kN/m<sup>2</sup> nella banchina della diga a parete verticale e nel piazzale alla radice;
- 20 kN/m<sup>2</sup> nella banchina del primo tratto del molo;
- 10 kN/m<sup>2</sup> sulla parte di sovrastruttura destinata a passeggiata.

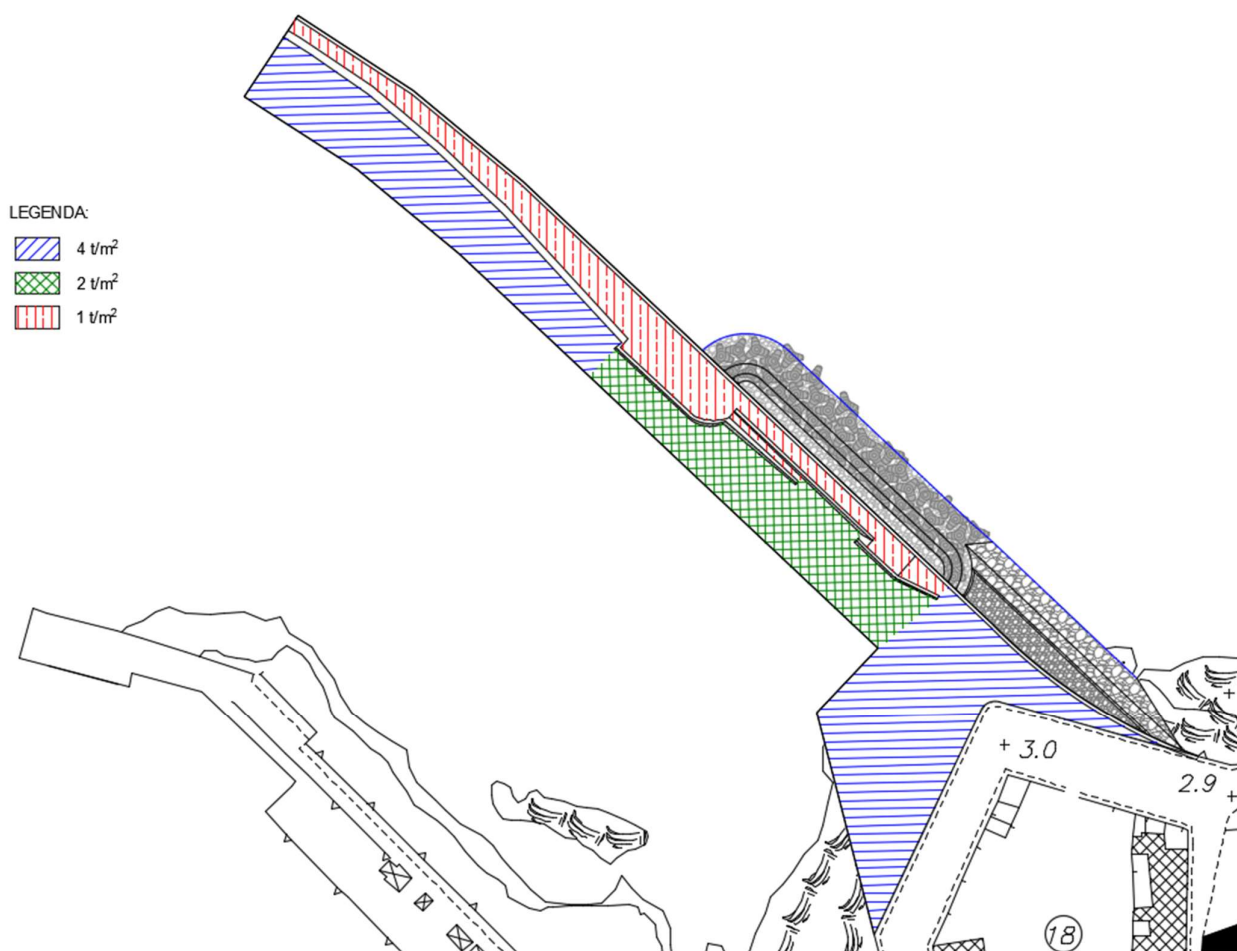


Figura 2 - Planimetria con indicazione dei sovraccarichi di progetto



#### 4.3 Moto ondoso

##### 4.3.1 Diga a parete verticale

Nel Progetto Definitivo l'azione del moto ondoso sulla struttura è valutato considerando eventi con tempo di ritorno di 25 anni per gli stati limiti ultimi ordinari (azione caratteristica) e di 100 anni per quelli "eccezionali" (azione eccezionale) sintetizzati in *Tabella 3*.

GRANDEZZA	U.M.	AZIONE ECCEZIONALE (Tr=100 anni)	AZIONE CARATTERISTICA (Tr=25 anni)
Altezza d'onda significativa	[m]	6,16	5,29
Lunghezza d'onda	[m]	142,60	128,60
Tempo di Ritorno	[anni]	100	25

*Tabella 3 – Onde di Progetto: Eccezionale e Caratteristica*

Il livello idrico di riferimento è stato considerato corrispondente al livello medio mare (l.m.m.).

Per i dettagli sull'azione del moto ondoso si rimanda alla *Relazione tecnica di verifica della stabilità dei cassoni cellulari tipo A, B e C*.

##### 4.3.2 Muro di sponda a cassoni tipo G

Sono state definite due differenti condizioni di moto ondoso:

- condizione di cavo con altezza d'onda significativa  $H_s$  pari a 2,50 m;
- condizione di cavo con altezza d'onda significativa  $H_s$  pari a 1,50 m.

Il livello idrico di riferimento è stato considerato corrispondente al livello medio mare (l.m.m.).

Al fini delle verifiche è stata considerata soltanto la condizione di cavo d'onda.

#### 4.4 Spinta del terreno di rinfilanco in condizioni statiche

La spinta del terreno in condizioni statiche ed il relativo momento ribaltante rispetto al piede esterno dell'opera (lato mare) sono stati calcolati in base alle seguenti espressioni:

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

dove:

- $k_a$  è il coefficiente di spinta attiva;;
- $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;
- $\gamma'$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  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.).

L'angolo di resistenza a taglio dell'interfaccia muro-rinfilanco  $\delta'$  è stato assunto pari a:





$$\delta' = \frac{2}{3} \varphi'$$

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 stati calcolati in base alle seguenti espressioni:

$$S_Q = k_a Q (H_d + H_s)$$
$$M_{Qr} = k_a Q (H_d + H_s) \times \frac{(H_d + H_s)}{2}$$

dove:

- $k_a$  è il coefficiente di spinta attiva
- $Q$  è il sovraccarico accidentale sul terrapieno alle spalle della banchina;
- $\gamma$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  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.).

#### 4.5 Tiro alla bitta

Sono previste n°2 tipi di bitte: la prima con tiro da 500 kN e la seconda con tiro da 1.000 kN.

L'installazione delle bitte da 500 kN è prevista:

- nel tratto di diga a parete verticale, sui cassoni tipo A e B e C;
- nel banchinamento con cassoni tipo G, soltanto sui cassoni a tre celle (G1 e G3).

L'installazione delle bitte da 1.000 kN è prevista:

- sul cassone G2;
- sul plinto su pali, retrostante alla paratia di pali alla radice.

#### 4.6 Urti e forze di accosto trasmesse attraverso il parabordo

Sono stati considerati due casi:

- azione eccezionale dovuta all'impatto causato da imbarcazioni fuori controllo,
- azione variabile dovuta alle operazioni di accosto delle navi.

L'azione eccezionale d'impatto per imbarcazione fuori controllo è stata considerata per le verifiche di stabilità riportate nel presente documento.

L'azione d'urto dovuta alle operazioni di accosto delle navi è invece stata trascurata perché trascurabile rispetto alle altre azioni.

##### 4.6.1 Urto da nave fuori controllo

Il criterio utilizzato per il calcolo dell'azione dell'urto è quello proposto dall'Eurocodice 1 (UNI EN 1991-1-7).

Nelle verifiche si possono considerare agenti, non simultaneamente, due azioni nelle direzioni parallela ( $F_{d,x}$ ) e ortogonale ( $F_{d,y}$ ) alla direzione del moto dell'imbarcazione, con:

$$F_{d,y} = 0,50 F_{d,x}$$



L'azione tangenziale dovuta all'attrito,  $F_R$ , agente simultaneamente alla forza  $F_{d,y}$ , vale:

$$F_R = 0,40 F_{d,y}$$

In assenza di determinazioni più accurate e trascurando la capacità dissipativa della struttura, le forze statiche equivalenti per imbarcazioni marittime possono essere dedotte dalla **Tabella 4**.

Classe imbarcazione	Lunghezza [m]	Massa a pieno carico [t]	Forza $F_{dx}$ [kN]
Piccola	50	3.000	30.000
Media	100	10.000	80.000
Grande	200	40.000	240.000
Molto grande	300	100.000	460.000

**Tabella 4 – Forze statiche equivalenti agli urti di imbarcazioni (Tabella C4 della EN 1991-1-7)**

Nei porti le forze di collisione possono essere ridotte del 50 %.

Per ciascuna direzione considerata viene applicato un fattore di amplificazione dinamica, pari a 1,3 per impatto frontale e 1,7 per impatto laterale, ed un fattore di riduzione, che per impatto laterale o a poppa vale 0.3.

Il punto di impatto dipende dalla geometria della struttura e dalle dimensioni dell'imbarcazione.

Detta  $L$  la lunghezza della imbarcazione, il punto di impatto più sfavorevole può essere preso nell'intervallo compreso fra  $0,05 L$  sotto e  $0,05 L$  sopra il livello dell'acqua assunto in sede di progetto. L'area di impatto è di  $0,05 L$  in verticale per  $0,1 L$  in orizzontale, a meno che l'elemento strutturale non sia più piccolo.

La nave di progetto definita nel Progetto Definitivo ha lunghezza fuoritutto pari a 100 m, larghezza di 15 m ed immersione di 5 m. Assumendo una corrispondente massa a pieno carico pari a 10.000 t, sono stati determinati i valori dell'azione eccezionale di urto relativa alla nave di progetto, per impatto frontale alla radice e per impatto laterale, lungo il molo (**Tabella 5**).

Lunghezza nave di progetto	L	100	m
Fattore di riduzione ambito portuale		0.5	
Forza in direzione longitudinale (Tab. C.4 EN 1991-1-7)	$F_{dx}$	80000	kN
Fattore di amplificazione dinamica - impatto frontale		1.3	
Fattore di riduzione per impatto a poppa		0.3	
Azione longitudinale di calcolo	$F_{dx,d}$	15600	kN
Forza in direzione trasversale (Tab. C.4 EN 1991-1-7)	$F_{dy}$	40000	kN
Fattore di amplificazione dinamica - impatto laterale		1.7	
Fattore di riduzione per impatto laterale		0.3	
Azione trasversale di calcolo	$F_{dy,d}$	10200	kN

**Tabella 5 – Urto eccezionale della nave di progetto**

#### 4.7 Sisma

Il calcolo dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$  e  $k_v$ ) è stato condotto secondo quanto riportato dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

In particolare i cassoni sono stati verificati allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) a cui è associata una probabilità di superamento PVR pari al 10%, considerando una Vita Nominale



dell'opera pari a 50 anni ed una Classe d'Uso II. I valori dell'accelerazione sismica  $a_g$  e dello spettro  $F_o$  sono riportati nella *Tabella 6*.

S.L.	$a_g$	S	$F_o$	$F_v$	TB	TC	TD
SLO	0.019	1.500	2.610	0.481	0.146	0.437	1.674
SLD	0.024	1.500	2.670	0.553	0.156	0.469	1.694
SLV	0.050	1.500	2.880	0.869	0.170	0.510	1.800
SLC	0.060	1.500	2.980	0.988	0.180	0.539	1.841



*Tabella 6 - Parametri sismici su sito di riferimento rigido orizzontale associati a ciascun Stato Limite*

Nella *Tabella 7* è riportata la descrizione delle categorie del sottosuolo previste dal D.M. 17 Gennaio 2018.

*Tab. 3.2.II - Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

*Tabella 7 - Categorie di sottosuolo previste dal D.M. 17 Gennaio 2018*

Sulla base dei risultati delle campagne di indagini eseguite, la Categoria del Sottosuolo è la *B*. A vantaggio di sicurezza, per le verifiche viene assunta la *Categoria di Sottosuolo C*. Applicando le espressioni riportate nella *Tabella 8*, è possibile calcolare il Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica  $S_s$ .





Tab. 3.2.IV - Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tabella 8 - Coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Come è possibile osservare in Tabella 9 ed in Tabella 10, alle condizioni topografiche del sito (inclinazione media  $i < 15^\circ$ ) corrisponde la categoria T1, per la quale è previsto un coefficiente di amplificazione  $S_T = 1$ .

Tab. 3.2.III - Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9 - Categorie topografiche previste dal D.M. 17 Gennaio 2018

Tab. 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Tabella 10 - Valori del coefficiente di amplificazione topografica - D.M. 17 Gennaio 2018

Il valore dell'accelerazione massima orizzontale attesa al sito è esplicitabile mediante la seguente espressione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

- $S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica.



Pertanto, i valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale sono dati dalle seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

- $\beta_m = 0,38$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Nella tabella seguente vengono riportati i parametri sismici di SLV previsti dal D.M. 17/01/2018 per i cassoni in oggetto.

Vita Nominale	$V_N =$	anni	50
Classe d'Uso	$C_U =$	-	1.00
Periodo di Riferimento Sisma	$V_R =$	anni	50
Probabilità di Superamento	$P_{VR} =$	-	0.1
Tempo di Ritorno	$T_R =$	anni	475
Accelerazione sismica al bed rock	$a_g/g =$	[-]	0.050
Parametro Spettro	$F_0 =$	-	2.880
Categoria Terreno		-	C
Coeff. Di Amplificazione Stratigrafica	$S_S =$	[-]	1.50
Coeff. Di Amplificazione Topografica	$S_T =$	[-]	1.00
Accelerazione orizzontale max	$a_{max} =$	[g]	0.075
Riduzione accelerazione max	$\beta_m =$	[-]	0.38
Coefficiente sismico orizzontale	$k_h =$	[-]	0.029
Coefficiente sismico verticale	$k_v =$	[-]	0.014

Tabella 11 - Parametri del D.M. del 17/01/2018 relativi ai cassoni

#### 4.7.1 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 espressioni:

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

dove:

- $K_v$  è il coefficiente sismico verticale previsto dal D.M. 17/01/18;
- $K_{AD}$  è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sopra del livello marino (teoria di Monobe-Okabe);
- $K_{AS}$  è il coefficiente di spinta attiva statico + dinamico del terreno al di sotto del livello marino (teoria di Monobe-Okabe);



- $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;
- $\gamma'$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  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 nei due casi di terreno al di sopra ed al di sotto del livello marino con l'espressione di Mononobe-Okabe:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos \theta \sin^2 \psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- $\phi'_d = \tan^{-1} \left( \frac{\tan \phi'}{\gamma_{\phi'}}$  valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;
- $\gamma_{\phi'}$  coefficiente di resistenza geotecnica;
- $\psi$  è l'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte;
- $\beta$  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;
- $\theta$  è l'angolo definito nell'espressione riportata di seguito:

sotto falda:

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

sopra falda:

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

con  $k_h$  e  $k_v$  coefficienti sismici orizzontale e verticale.

#### 4.7.2 Spinta del terreno in condizioni sismiche indotta dal carico di banchina

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

$$E_d = (1 \pm k_v) K_{AD} Q H_d + (1 \pm k_v) K_{AS} Q H_s$$

$$M_{Ed} = (1 \pm k_v) K_{AD} Q H_d \times \left( \frac{H_d}{2} + H_s \right) + (1 \pm k_v) K_{AS} Q H_s \times \frac{H_s}{2}$$

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);



- $\gamma_d$  è il peso per unità di volume asciutto del terreno;
- $\gamma$  è il peso per unità di volume immerso del terreno;
- $H_d$  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.).

#### 4.7.3 Spinta idrodinamica indotta dal sisma

Sulle pareti esterne del cassone insiste la seguente pressione dell'acqua dovuta ad effetti idrodinamici indotti dal sisma (Westergaard 1931):

$$q(z) = \pm \frac{7}{8} k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h} \cdot z$$

dove:

- $k_h$  è il coefficiente di spinta sismica orizzontale previsto dal D.M.17/01/18;
- $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua marina;
- $h$  è il tirante idrico;
- $z$  è la coordinata verticale diretta verso il basso, con origine sul l.m.m. .

Pertanto, integrando l'espressione precedente lungo la verticale, la spinta idrodinamica  $E_{WD}$  dell'acqua ed il relativo momento sono esplicitabili mediante le seguenti relazioni:

$$E_{WD} = \frac{7}{12} \times k_h \times \gamma_w \times H_s^2$$
$$M_{E_{WD}} = \frac{7}{12} \times k_h \times \gamma_w \times H_s^2 \times \frac{3}{5} H_s$$

dove:

- $H_F$  è l'altezza del tirante idrico (al di sotto del livello marino).

#### 4.7.4 Forze di massa indotte dal sisma

Nella fase sismica, oltre alle forze considerate, la normativa prevede che alle masse del cassone 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 dalle NTC2018.



## 5 VERIFICHE DI STABILITA' DEI CASSONI

### 5.1 Verifiche nei confronti degli stati limite (SLU)

Come anticipato in premessa, le verifiche dei cassoni cellulari sono state riferite ai criteri propri delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17/01/18 dei quali vengono preliminarmente richiamati i riflessi applicativi.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

dove  $E_d$  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  $R_d$  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  $a_d$ . Nella formulazione della resistenza  $R_d$ , compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  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  $E_d$  e la resistenza di progetto  $R_d$ , che sono già affette dai coefficienti di sicurezza parziali, per cui la verifica impone semplicemente che sia soddisfatta la disuguaglianza  $R_d \geq E_d$ .

Il valore di progetto delle azioni  $E_d$  è calcolata considerando i seguenti coefficienti parziali  $\gamma_f$ :

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

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 rigidità.



Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti  $G_2$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$

Tabella 12 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (tab. 6.2.I delle NTC2018)

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  $\gamma_m$  è il coefficiente parziale.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(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	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 13 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (tab. 6.2.II delle NTC2018)

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

Nella tabella seguente si riportano i coefficienti parziali di combinazione delle azioni.

	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Sovraccarico di banchina	0,70	0,50	0,30
Moto ondoso	0,60	0,20	0,00
Tiro alla bitta	0,60	0,20	0,00

Tabella 14 - Coefficienti parziali di combinazione delle azioni





## 5.2 Capacità portante dei cassoni

Le verifiche della capacità portante del sistema terreno-fondazione sono state eseguite con riferimento alla combinazione A1+M1+R3 secondo l'Approccio 2.

Il calcolo della resistenza di progetto  $R_d$  è stata eseguita con la nota formula di Brinch Hansen (1970) utilizzando i parametri geotecnici caratteristici di progetto (M1). I cassoni sono stati assimilati ad un'opera di sostegno considerando valori del coefficiente riduttivo globale  $\gamma_R$  pari ad 1,4 (Combinazione A1+M1+R3).

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità dei seguenti:

### Diga a parete verticale

- Cassone tipo A;
- Cassone tipo B;
- Cassone tipo C;

### Muro di sponda con Cassoni tipo G1

## 5.3 Verifiche della capacità portante dei cassoni

Come precedentemente accennato, le verifiche della capacità portante dei cassoni sono state eseguite con riferimento allo schema di fondazione superficiale secondo la combinazione di carico A1+M1+R3 che prevede un coefficiente riduttivo globale  $\gamma_R$  pari ad 1,4; avendo assimilati i cassoni ad un'opera di sostegno.

In base alle condizioni stratigrafiche medie, le verifiche della capacità portante sono state riferite al caso di fondazione su terreno "granulare", e sono state eseguite in termini di tensioni efficaci assumendo i corrispondenti parametri geotecnici di resistenza al taglio caratteristici.

La capacità portante è stata calcolata con la ben nota formula di Brinch Hansen e le verifiche sono state riferite al singolo cassone sottoposto alle combinazioni di carico riportate successivamente.

Nel caso di fondazione su terreno "granulare" il carico limite è dato da:

$$q_{ult} = \gamma' DN_q s_q d_q i_q b_q g_q + \frac{1}{2} \gamma' B^* N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma}$$

Per tener conto dell'eccentricità e della risultante dei carichi, il valore della larghezza  $B$  da introdurre nel calcolo della capacità portante è quello relativo all'area effettiva equivalente, la minima superficie ridotta rispetto alla quale la risultante risulta centrata.

A partire dai valori dell'eccentricità nella direzione di  $B$ ,  $e_B = M_b/N$ , la larghezza "fittizia" da adottare nel calcolo della capacità portante è pari a:

$$B' = B - 2 \cdot e \quad (\text{Meyerhof, 1953})$$

Nei calcoli lo strato più superficiale costituito dallo scanno di imbasamento di pietrame e dai primi 30 cm sottostanti (con inclusioni di pietrame e fortemente addensati) sono stati considerati come strato di ripartizione con angolo di diffusione pari a  $\phi'$ , per cui la larghezza della fondazione è pari a  $B' = B + 2 \cdot h \cdot \tan(\phi')$ .

Trattandosi di terreno stratificato si è operato come segue:

- determinazione della profondità  $H = \frac{B'}{2} \tan\left(45 + \frac{\phi_1}{2}\right)$ ;



- se  $H < d_1$  si considera soltanto lo strato più superficiale;
- se  $H > d_1$  si determinano le seguenti caratteristiche meccaniche fittizie:

$$\gamma' = \frac{d_1 \gamma'_1 + (H - d_1) \gamma'_2}{H} \quad c' = \frac{d_1 c_1 + (H - d_1) c_2}{H} \quad \phi' = \frac{d_1 \phi_1 + (H - d_1) \phi_2}{H}$$

Le combinazioni di carico (di seguito illustrate) sono state definite sia considerando che trascurando il sovraccarico sul cassone.

La determinazione dei risultanti in fondazione con sovraccarico è riportata nelle Relazioni tecniche di verifica di stabilità dei cassoni cellulari, a proposito delle verifiche a schiacciamento. La determinazione dei risultanti “senza sovraccarico” è invece riportata in Appendice.

Per le verifiche è stata assunta la seguente schematizzazione stratigrafica, assai cautelativa:

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
$c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\phi'$	[°]	33,00	35,00
$d_1$	[m]	7,00	-

Tabella 15 – Verifiche a carico limite: stratigrafia di calcolo

In tutti i casi sono risultati coefficienti di sicurezza superiori a  $\gamma_R=1,40$ .

### 5.3.1 Diga a parete verticale

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

Combinazione-1 (ECC)	Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=100 anni) + Sovraccarico
Combinazione-2 (ECC)	Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=100 anni) + Sovraccarico
Combinazione-3 (STR)	Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni) + Sovraccarico
Combinazione-4 (STR)	Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni) + Sovraccarico
Combinazione-5 (SLV)	Peso proprio cassone in opera + Sisma + Sovraccarico
Combinazione-6 (ECC)	Peso proprio cassone in opera + Urto Eccezionale + Sovraccarico



### Cassone tipo A

Si riportano in forma tabellare i risultati per il Cassone tipo A.

COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{lim}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	95.957,86	38.681,17	2,93	5,24
Combinazione-2 (ECC)	150.837,07	13.075,07	1,09	13,26
Combinazione-3a (STR)	94.490,19	44.466,67	4,39	2,90
Combinazione-3b (STR)	128.146,58	44.466,67	3,05	4,84
Combinazione-4a (STR)	162.373,14	17.497,77	1,12	11,56
Combinazione-4b (STR)	196.029,53	17.497,77	1,05	10,19
Combinazione-5 (SLV)	112.624,17	5.223,28	0,82	20,55
Combinazione-6 (ECC)	115.020,92	10.200,00	1,30	16,79

*Tabella 16 - Diga a parete verticale – Cassone tipo A: Combinazioni di carico con sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
CON SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	95.957,86	150.837,07	94.490,19	128.146,58	162.373,14	196.029,53	112.624,17	115.020,92
$\Sigma H$	[kN]	38.681,17	13.075,07	44.466,67	44.466,67	17.497,77	17.497,77	5.223,28	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	2,93	1,09	4,39	3,05	1,12	1,05	0,82	1,30
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B*	[m]	17,14	20,82	14,22	16,89	20,76	20,91	21,36	20,39
B*	[m]	20,50	24,18	17,58	20,25	24,12	24,26	24,72	23,75
L*	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	604,94	713,47	518,72	597,49	711,70	716,03	729,42	700,82
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,16	0,21	0,18	0,21	0,23	0,27	0,15	0,16
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,06	0,02	0,09	0,07	0,02	0,02	0,01	0,01

H [m]	[m]	18,88	22,26	16,19	18,65	22,21	22,34	22,76	21,87
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,26	34,37	34,14	34,25	34,37	34,37	34,38	34,36

K <sub>p</sub>	[-]	3,58	3,59	3,56	3,57	3,59	3,59	3,60	3,59
N <sub>q</sub>	[-]	30,35	30,77	29,90	30,32	30,77	30,78	30,83	30,73
N <sub>c</sub>	[-]	43,09	43,53	42,62	43,06	43,52	43,54	43,58	43,49
N <sub>q</sub>	[-]	42,71	43,47	41,89	42,64	43,45	43,48	43,56	43,39

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	21,95	4,95	25,20	19,14	6,15	5,10	2,66	5,07
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,59	1,55	1,63	1,59	1,55	1,55	1,54	1,55
$\beta_a$	[-]	0,44	0,87	0,36	0,51	0,84	0,87	0,93	0,87
$\beta_e$	[-]	0,42	0,86	0,33	0,49	0,83	0,86	0,93	0,86
$\beta_\gamma$	[-]	0,26	0,79	0,19	0,33	0,75	0,79	0,89	0,79

Forma della fondazione

$\zeta'_a$	[-]	1,47	1,56	1,40	1,47	1,56	1,56	1,57	1,55
$\zeta'_e$	[-]	1,49	1,58	1,42	1,48	1,58	1,58	1,59	1,57
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,72	0,67	0,76	0,73	0,67	0,67	0,66	0,68

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_a$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_e$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,83	2,80	0,53	1,04	2,64	2,79	3,17	2,76
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,24	13,26	2,90	4,84	11,56	10,19	20,55	16,79
$\gamma_{ep}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,20	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,83	2,80	0,53	1,04	2,64	2,79	3,17	2,76
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,16	0,21	0,18	0,21	0,23	0,27	0,15	0,16
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,24	13,26	2,90	4,84	11,56	10,19	20,55	16,79

Tabella 17 - Diga a parete verticale – Cassone tipo A: Combinazioni di carico con sovraccarico –  
Tabulato di calcolo



COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{limd}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	89.347,62	38.681,17	2,69	5,14
Combinazione-2 (ECC)	144.226,83	13.075,07	1,42	13,10
Combinazione-3a (STR)	84.574,83	44.466,67	4,18	2,54
Combinazione-3b (STR)	118.231,22	44.466,67	2,79	4,88
Combinazione-4a (STR)	152.457,78	17.497,77	1,59	11,29
Combinazione-4b (STR)	186.114,17	17.497,77	1,43	10,04
Combinazione-5 (SLV)	109.831,58	5.142,54	0,99	20,58
Combinazione-6 (ECC)	112.187,96	10.200,00	1,49	16,66

*Tabella 18 - Diga a parete verticale – Cassone tipo A: Combinazioni di carico senza sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
SENZA SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	89.347,62	144.226,83	84.574,83	118.231,22	152.457,78	186.114,17	109.831,58	112.187,96
$\Sigma H$	[kN]	38.681,17	13.075,07	44.466,67	44.466,67	17.497,77	17.497,77	5.142,54	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	2,69	1,42	4,18	2,79	1,59	1,43	0,99	1,49
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B'	[m]	17,62	20,16	14,64	17,41	19,81	20,14	21,02	20,02
B*	[m]	20,98	23,51	17,99	20,77	23,17	23,50	24,38	23,37
L'	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	619,05	693,86	530,97	612,86	683,76	693,37	719,43	689,70
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,14	0,21	0,16	0,19	0,22	0,27	0,15	0,16
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,06	0,02	0,08	0,07	0,03	0,03	0,01	0,01

H [m]	[m]	19,32	21,65	16,57	19,12	21,34	21,64	22,45	21,52
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,28	34,35	34,16	34,27	34,34	34,35	34,38	34,35
K <sub>p</sub>	[-]	3,58	3,59	3,56	3,58	3,59	3,59	3,59	3,59
N <sub>q</sub>	[-]	30,41	30,71	29,97	30,39	30,67	30,71	30,79	30,69
N <sub>c</sub>	[-]	43,16	43,46	42,70	43,13	43,42	43,46	43,55	43,45
N <sub>γ</sub>	[-]	42,82	43,34	42,02	42,77	43,28	43,34	43,50	43,32

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	23,41	5,18	27,73	20,61	6,55	5,37	2,68	5,19
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,58	1,56	1,62	1,59	1,56	1,56	1,55	1,56
$\beta_q$	[-]	0,41	0,86	0,30	0,47	0,83	0,86	0,93	0,86
$\beta_c$	[-]	0,39	0,86	0,27	0,46	0,82	0,85	0,93	0,86
$\beta_\gamma$	[-]	0,23	0,78	0,14	0,30	0,73	0,78	0,89	0,78

Forma della fondazione

$\zeta'_q$	[-]	1,48	1,54	1,41	1,48	1,54	1,54	1,57	1,54
$\zeta'_c$	[-]	1,50	1,56	1,43	1,50	1,55	1,56	1,58	1,56
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,72	0,68	0,76	0,72	0,69	0,68	0,67	0,68

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_q$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_c$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,74	2,72	0,40	0,94	2,52	2,70	3,14	2,71
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,14	13,10	2,54	4,88	11,29	10,04	20,58	16,66
$\gamma_{sp}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,20	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,74	2,72	0,40	0,94	2,52	2,70	3,14	2,71
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,14	0,21	0,16	0,19	0,22	0,27	0,15	0,16
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,14	13,10	2,54	4,88	11,29	10,04	20,58	16,66

Tabella 19 - Diga a parete verticale – Cassone tipo A: Combinazioni di carico senza sovraccarico –  
Tabulato di calcolo





### Cassone tipo B

Si riportano in forma tabellare i risultati per il Cassone tipo B.

COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{lim}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	96.900,01	35.966,19	4,47	4,36
Combinazione-2 (ECC)	139.995,65	16.871,07	0,42	14,17
Combinazione-3a (STR)	99.551,69	42.749,76	5,50	2,56
Combinazione-3b (STR)	130.759,27	42.749,76	4,31	4,00
Combinazione-4a (STR)	152.085,92	22.804,04	0,59	11,70
Combinazione-4b (STR)	183.293,51	22.804,04	0,40	10,71
Combinazione-5 (SLV)	107.063,67	5.983,40	0,19	22,79
Combinazione-6 (ECC)	109.655,79	10.200,00	0,52	19,29

*Tabella 20 - Diga a parete verticale – Cassone tipo B: Combinazioni di carico con sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
CON SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	96.900,01	139.995,65	99.551,69	130.759,27	152.085,92	183.293,51	107.063,67	109.655,79
$\Sigma H$	[kN]	35.966,19	16.871,07	42.749,76	42.749,76	22.804,04	22.804,04	5.983,40	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	4,47	0,42	5,50	4,31	0,59	0,40	0,19	0,52
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B*	[m]	14,06	22,17	12,00	14,38	21,82	22,19	22,62	21,95
B*	[m]	17,42	25,52	15,35	17,74	25,17	25,55	25,98	25,31
L*	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	513,99	753,21	453,03	523,45	742,88	753,88	766,54	746,79
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,19	0,19	0,22	0,25	0,20	0,24	0,14	0,15
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,07	0,02	0,09	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01

H [m]	[m]	16,04	23,50	14,14	16,33	23,18	23,53	23,92	23,30
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,13	34,40	34,01	34,14	34,40	34,40	34,41	34,40
K <sub>p</sub>	[-]	3,56	3,60	3,54	3,56	3,60	3,60	3,60	3,60
N <sub>q</sub>	[-]	29,87	30,90	29,44	29,93	30,87	30,90	30,94	30,88
N <sub>c</sub>	[-]	42,59	43,66	42,15	42,65	43,63	43,66	43,70	43,64
N <sub>γ</sub>	[-]	41,84	43,69	41,08	41,94	43,63	43,69	43,76	43,66

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	20,36	6,87	23,24	18,10	8,53	7,09	3,20	5,31
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,63	1,54	1,66	1,62	1,54	1,54	1,53	1,54
$\beta_a$	[-]	0,47	0,82	0,39	0,53	0,78	0,82	0,92	0,86
$\beta_e$	[-]	0,45	0,81	0,37	0,51	0,77	0,81	0,91	0,86
$\beta_\gamma$	[-]	0,30	0,72	0,23	0,35	0,66	0,71	0,86	0,78

Forma della fondazione

$\zeta'_a$	[-]	1,40	1,59	1,35	1,41	1,58	1,59	1,60	1,59
$\zeta'_e$	[-]	1,41	1,61	1,36	1,42	1,60	1,61	1,62	1,61
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,76	0,65	0,79	0,76	0,66	0,65	0,65	0,66

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_a$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_e$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,82	2,63	0,56	1,00	2,40	2,60	3,18	2,83
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	4,36	14,17	2,56	4,00	11,70	10,71	22,79	19,29
$\gamma_{ep}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,82	2,63	0,56	1,00	2,40	2,60	3,18	2,83
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,19	0,19	0,22	0,25	0,20	0,24	0,14	0,15
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	4,36	14,17	2,56	4,00	11,70	10,71	22,79	19,29

Tabella 21 - Diga a parete verticale – Cassone tipo B: Combinazioni di carico con sovraccarico –  
Tabulato di calcolo



COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{lim}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	83.762,16	35.966,19	4,82	3,60
Combinazione-2 (ECC)	126.857,80	16.871,07	0,69	14,56
Combinazione-3a (STR)	79.844,91	42.749,76	6,31	1,46
Combinazione-3b (STR)	111.052,50	42.749,76	4,68	3,42
Combinazione-4a (STR)	132.379,15	22.804,04	1,01	11,89
Combinazione-4b (STR)	163.586,73	22.804,04	0,72	11,04
Combinazione-5 (SLV)	101.513,40	5.822,93	0,10	24,20
Combinazione-6 (ECC)	104.025,28	10.200,00	0,67	19,67

*Tabella 22 - Diga a parete verticale – Cassone tipo B: Combinazioni di carico senza sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
SENZA SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	83.762,16	126.857,80	79.844,91	111.052,50	132.379,15	163.586,73	101.513,40	104.025,28
$\Sigma H$	[kN]	35.966,19	16.871,07	42.749,76	42.749,76	22.804,04	22.804,04	5.622,93	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	4,82	0,69	6,31	4,68	1,01	0,72	0,10	0,67
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B'	[m]	13,36	21,62	10,38	13,64	20,98	21,56	22,80	21,65
B*	[m]	16,71	24,98	13,73	17,00	24,34	24,91	26,15	25,01
L'	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	493,17	737,10	405,22	501,57	718,18	735,21	771,73	738,02
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,17	0,17	0,20	0,22	0,18	0,22	0,13	0,14
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,07	0,02	0,11	0,09	0,03	0,03	0,01	0,01

H [m]	[m]	15,39	23,00	12,65	15,65	22,41	22,94	24,08	23,03
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,09	34,39	33,89	34,11	34,38	34,39	34,42	34,39

K <sub>p</sub>	[-]	3,55	3,60	3,52	3,55	3,59	3,60	3,60	3,60
N <sub>q</sub>	[-]	29,73	30,85	29,03	29,79	30,79	30,84	30,95	30,85
N <sub>c</sub>	[-]	42,46	43,61	41,72	42,51	43,55	43,60	43,72	43,61
N <sub>γ</sub>	[-]	41,60	43,60	40,34	41,70	43,49	43,59	43,79	43,61

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	23,24	7,58	28,17	21,05	9,77	7,94	3,28	5,60
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,64	1,54	1,68	1,63	1,55	1,54	1,53	1,54
$\beta_q$	[-]	0,40	0,80	0,28	0,45	0,75	0,79	0,91	0,85
$\beta_c$	[-]	0,38	0,80	0,25	0,43	0,74	0,79	0,91	0,85
$\beta_\gamma$	[-]	0,23	0,70	0,13	0,28	0,62	0,68	0,86	0,77

Forma della fondazione

$\zeta'_q$	[-]	1,38	1,58	1,31	1,39	1,56	1,58	1,61	1,58
$\zeta'_c$	[-]	1,40	1,60	1,32	1,40	1,58	1,60	1,63	1,60
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,77	0,66	0,81	0,77	0,67	0,66	0,65	0,66

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_q$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_c$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,61	2,51	0,29	0,76	2,19	2,46	3,18	2,77
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,60	14,56	1,46	3,42	11,89	11,04	24,20	19,67
f <sub>cap</sub>	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,61	2,51	0,29	0,76	2,19	2,46	3,18	2,77
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,17	0,17	0,20	0,22	0,18	0,22	0,13	0,14
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,60	14,56	1,46	3,42	11,89	11,04	24,20	19,67

Tabella 23 - Diga a parete verticale – Cassone tipo B: Combinazioni di carico senza sovraccarico –  
Tabulato di calcolo



### Cassone tipo C

Si riportano in forma tabellare i risultati per il Cassone tipo C.

COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{lim}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	101.631,46	35.966,19	3,71	5,24
Combinazione-2 (ECC)	160.937,60	16.871,07	0,09	13,41
Combinazione-3a (STR)	101.149,34	42.749,76	4,84	3,06
Combinazione-3b (STR)	138.639,51	42.749,76	3,74	4,56
Combinazione-4a (STR)	173.027,87	22.804,04	0,27	11,30
Combinazione-4b (STR)	210.518,04	22.804,04	0,09	10,16
Combinazione-5 (SLV)	127.707,19	6.580,25	0,45	18,72
Combinazione-6 (ECC)	130.597,74	10.200,00	0,11	17,76

*Tabella 24 - Diga a parete verticale – Cassone tipo C: Combinazioni di carico con sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
CON SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	101.631,46	160.937,60	101.149,34	138.639,51	173.027,87	210.518,04	127.707,19	130.597,74
$\Sigma H$	[kN]	35.966,19	16.871,07	42.749,76	42.749,76	22.804,04	22.804,04	6.580,25	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	3,71	0,09	4,84	3,74	0,27	0,09	0,45	0,11
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B*	[m]	15,58	22,81	13,31	15,52	22,46	22,83	22,09	22,78
B*	[m]	18,94	26,17	16,67	18,88	25,82	26,19	25,45	26,14
L*	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	558,79	772,28	491,92	557,01	761,87	772,75	751,00	771,32
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,18	0,21	0,21	0,25	0,23	0,27	0,17	0,17
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,06	0,02	0,09	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01

H [m]	[m]	17,44	24,10	15,35	17,38	23,77	24,11	23,44	24,07
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,20	34,42	34,09	34,19	34,41	34,42	34,40	34,42
K <sub>p</sub>	[-]	3,57	3,60	3,55	3,57	3,60	3,60	3,60	3,60
N <sub>q</sub>	[-]	30,12	30,96	29,73	30,12	30,93	30,96	30,89	30,95
N <sub>c</sub>	[-]	42,86	43,72	42,45	42,85	43,69	43,72	43,65	43,71
N <sub>q</sub>	[-]	42,30	43,79	41,59	42,28	43,74	43,79	43,68	43,79

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	19,49	5,98	22,91	17,14	7,51	6,18	2,95	4,47
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,61	1,53	1,64	1,61	1,53	1,53	1,54	1,53
$\beta_a$	[-]	0,50	0,84	0,41	0,55	0,81	0,84	0,92	0,88
$\beta_e$	[-]	0,48	0,84	0,39	0,54	0,80	0,83	0,92	0,88
$\beta_\gamma$	[-]	0,32	0,76	0,23	0,38	0,70	0,75	0,87	0,81

Forma della fondazione

$\zeta'_a$	[-]	1,44	1,61	1,38	1,43	1,60	1,61	1,59	1,61
$\zeta'_e$	[-]	1,45	1,63	1,40	1,45	1,62	1,63	1,61	1,63
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,74	0,65	0,77	0,74	0,65	0,65	0,66	0,65

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_a$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_e$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,95	2,79	0,63	1,13	2,57	2,77	3,18	3,01
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,24	13,41	3,06	4,56	11,30	10,16	18,72	17,76
$\gamma_{ep}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,95	2,79	0,63	1,13	2,57	2,77	3,18	3,01
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,18	0,21	0,21	0,25	0,23	0,27	0,17	0,17
q <sub>lim</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	5,24	13,41	3,06	4,56	11,30	10,16	18,72	17,76

Tabella 25 - Diga a parete verticale – Cassone tipo C: Combinazioni di carico con sovraccarico –  
Tabulato di calcolo





COMBINAZIONE	N'	R	e	VER. CARICO LIMITE
	[kN]	[kN]	[m]	$q_{lim}/q_{es}$
Combinazione-1 (ECC)	88.493,60	35.966,19	3,93	4,61
Combinazione-2 (ECC)	147.799,75	16.871,07	0,30	13,87
Combinazione-3a (STR)	81.442,56	42.749,76	5,48	1,93
Combinazione-3b (STR)	118.932,73	42.749,76	3,99	4,13
Combinazione-4a (STR)	153.321,10	22.804,04	0,59	11,65
Combinazione-4b (STR)	190.811,27	22.804,04	0,32	10,54
Combinazione-5 (SLV)	122.156,92	6.419,78	0,39	19,67
Combinazione-6 (ECC)	124.967,23	10.200,00	0,21	18,16

*Tabella 26 - Diga a parete verticale – Cassone tipo C: Combinazioni di carico senza sovraccarico – sintesi dei risultati*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

VERIFICA A CARICO LIMITE CD  
SENZA SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	23,00
L	[m]	29,51
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	2,00
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
$\Sigma V$	[kN]	88.493,60	147.799,75	81.442,56	118.932,73	153.321,10	190.811,27	122.156,92	124.967,23
$\Sigma H$	[kN]	35.966,19	16.871,07	42.749,76	42.749,76	22.804,04	22.804,04	6.419,78	10.200,00
e <sub>B</sub>	[m]	3,93	0,30	5,48	3,99	0,59	0,32	0,39	0,21
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0
B'	[m]	15,14	22,40	12,04	15,02	21,82	22,35	22,22	22,57
B*	[m]	18,49	25,76	15,40	18,37	25,18	25,71	25,57	25,93
L'	[m]	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51	29,51
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	545,73	760,15	454,46	542,14	742,99	758,69	754,62	765,13
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,16	0,19	0,18	0,22	0,21	0,25	0,16	0,16
q <sub>H</sub>	[MPa]	0,07	0,02	0,09	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01

H [m]	[m]	17,03	23,72	14,18	16,92	23,19	23,68	23,55	23,88
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	34,18	34,41	34,01	34,17	34,40	34,41	34,41	34,41
K <sub>p</sub>	[-]	3,56	3,60	3,54	3,56	3,60	3,60	3,60	3,60
N <sub>q</sub>	[-]	30,05	30,92	29,45	30,03	30,87	30,92	30,90	30,93
N <sub>c</sub>	[-]	42,79	43,68	42,16	42,77	43,63	43,68	43,66	43,70
N <sub>γ</sub>	[-]	42,17	43,73	41,10	42,14	43,64	43,72	43,70	43,75

Inclinazione del carico

$\psi$ [°]	[°]	22,12	6,51	27,70	19,77	8,46	6,82	3,01	4,67
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,61	1,53	1,66	1,62	1,54	1,53	1,54	1,53
$\beta_q$	[-]	0,43	0,83	0,29	0,49	0,78	0,82	0,92	0,88
$\beta_c$	[-]	0,41	0,82	0,27	0,47	0,77	0,82	0,92	0,87
$\beta_\gamma$	[-]	0,26	0,74	0,14	0,31	0,66	0,72	0,87	0,81

Forma della fondazione

$\zeta'_q$	[-]	1,43	1,60	1,35	1,42	1,58	1,60	1,59	1,60
$\zeta'_c$	[-]	1,44	1,62	1,36	1,44	1,60	1,62	1,61	1,62
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,75	0,65	0,79	0,75	0,66	0,65	0,65	0,65

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_q$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_c$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,75	2,70	0,35	0,91	2,40	2,65	3,18	2,97
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	4,61	13,87	1,93	4,13	11,65	10,54	19,67	18,16
$\gamma_{cp}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR	STR	STR	SLV	ECC
		1	2	3a	3b	4a	4b	5	6
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,75	2,70	0,35	0,91	2,40	2,65	3,18	2,97
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,16	0,19	0,18	0,22	0,21	0,25	0,16	0,16
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	4,61	13,87	1,93	4,13	11,65	10,54	19,67	18,16

Tabella 27 - Diga a parete verticale – Cassone tipo C: Combinazioni di carico senza sovraccarico –  
Tabulato di calcolo



### 5.3.2 Muro di sponda con Cassone tipo G1

Sono state considerate le seguenti combinazioni:

Combinazione A1 (STR)	Peso proprio cassone in opera + Sovraccarico + Tiro alla bitta
Combinazione A2 (STR)	Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Hs2,50)
Combinazione A3 (STR)	Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Hs1,50) + Sovraccarico + Tiro alla bitta
Combinazione B1 (SLV)	Peso proprio cassone in opera + Sisma + Sovraccarico

Si riportano in forma tabellare i risultati per il cassone n°1 (muro di sponda).

COMBINAZIONE	N'	R	e	$q_{limd}/q_{es}$
	[kN]	[kN]	[m]	
Combinazione A1 (STR)	9.588,39	2.510,40	0,18	3,02
Combinazione A2 (STR)	7.771,05	3.213,77	0,08	2,18
Combinazione A3 (STR)	9.404,12	3.745,65	0,54	1,54
Combinazione B1 (SLV)	6.842,48	1.667,43	0,15	4,57

Tabella 28 - Cassone tipo G1: Combinazioni di carico con sovraccarico – sintesi dei risultati



VERIFICA A CARICO LIMITE CD

CON SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	7,00
L	[m]	9,40
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	0,50
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		STR	STR	STR	SLV
		A1	A2	A3	B1
$\Sigma V$	[kN]	9.588,39	7.771,05	9.404,12	6.842,48
$\Sigma H$	[kN]	2.510,40	3.213,77	3.745,65	1.667,43
e <sub>B</sub>	[m]	0,18	0,08	0,54	0,15
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00
B*	[m]	6,63	6,85	5,92	6,71
B*	[m]	7,47	7,69	6,76	7,55
L*	[m]	9,40	9,40	9,40	9,40
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	70,22	72,27	63,53	70,93
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,14	0,11	0,15	0,10
q <sub>lt</sub>	[MPa]	0,04	0,04	0,06	0,02

H [m]	[m]	6,88	7,08	6,22	6,95
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	33,00	33,02	33,00	33,00

K <sub>0</sub>	[-]	3,39	3,40	3,39	3,39
N <sub>q</sub>	[-]	26,07	26,14	26,07	26,07
N <sub>c</sub>	[-]	38,60	38,67	38,60	38,60
N <sub>γ</sub>	[-]	35,15	35,27	35,15	35,15

Inclinazione del carico

$\vartheta$ [°]	[°]	14,67	22,47	21,72	13,70
m=m <sub>b</sub>	[-]	1,56	1,55	1,58	1,55
$\beta_q$	[-]	0,62	0,44	0,45	0,65
$\beta_c$	[-]	0,61	0,41	0,43	0,63
$\beta_\gamma$	[-]	0,46	0,26	0,27	0,49

Forma della fondazione

$\zeta'_q$	[-]	1,52	1,53	1,47	1,52
$\zeta'_c$	[-]	1,54	1,55	1,49	1,54
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,68	0,67	0,71	0,68

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_q$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_c$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00

q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,41	0,23	0,23	0,44
------------------	-------	------	------	------	------

q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,02	2,18	1,54	4,57
------------------------------------	-----	------	------	------	------

$\gamma)_{cp}$	[-]	1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR
		1	2	3a	3b
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,41	0,23	0,23	0,44
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,14	0,11	0,15	0,10
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,02	2,18	1,54	4,57

Tabella 29 - Cassone tipo G1: Combinazioni di carico con sovraccarico – Tabulato di calcolo



**Comune  
di Favignana**

**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

*- Relazione di calcolo geotecnico -*

COMBINAZIONE	N'	R	e	$q_{limd}/q_{es}$
	[kN]	[kN]	[m]	
Combinazione A1 (STR)	6.486,39	1.851,60	0,40	3,73
Combinazione A2 (STR)	7.771,05	3.213,77	0,08	2,18
Combinazione A3 (STR)	7.232,72	3.074,49	0,53	1,79
Combinazione B1 (SLV)	6.228,51	1.430,08	0,26	5,02

*Tabella 30 - Cassone tipo G1: Combinazioni di carico senza sovraccarico – sintesi dei risultati*



VERIFICA A CARICO LIMITE CD

SENZA SOVRACCARICO

Fondazione

B	[m]	7,00
L	[m]	9,40
D	[m]	0,00
$\omega$	[°]	0,00

Imbasamento

h	[m]	0,50
$\varphi'$	[°]	40,00

		Terreno 1	Terreno 2
$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	9,00	10,00
c'	[kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
$\varphi'$	[°]	33,00	35,00
d <sub>1</sub>	[m]	7,00	-

COMBINAZIONE		STR	STR	STR	SLV
		A1	A2	A3	B1
$\Sigma V$	[kN]	6.486,39	7.771,05	7.232,72	6.228,51
$\Sigma H$	[kN]	1.851,60	3.213,77	3.074,49	1.430,08
e <sub>B</sub>	[m]	0,40	0,08	0,53	0,26
e <sub>L</sub>	[m]	0	0,00	0,00	0,00
B*	[m]	6,21	6,85	5,93	6,49
B*	[m]	7,05	7,69	6,77	7,32
L*	[m]	9,40	9,40	9,40	9,40
Area fondaz.	[m <sup>2</sup> ]	66,23	72,27	63,67	68,85
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,10	0,11	0,11	0,09
q <sub>lt</sub>	[MPa]	0,03	0,04	0,05	0,02

H [m]	[m]	6,49	7,08	6,24	6,75
c' [kPa]	[kPa]	0,00	0,00	0,00	0,00
$\varphi'$ [°]	[°]	33,00	33,02	33,00	33,00

K <sub>0</sub>	[-]	3,39	3,40	3,39	3,39
N <sub>q</sub>	[-]	26,07	26,14	26,07	26,07
N <sub>c</sub>	[-]	38,60	38,67	38,60	38,60
N <sub><math>\gamma</math></sub>	[-]	35,15	35,27	35,15	35,15

Inclinazione del carico

$\delta$ [°]	[°]	15,93	22,47	23,03	12,93
m=m <sub>0</sub>	[-]	1,57	1,55	1,58	1,56
$\beta_q$	[-]	0,59	0,44	0,42	0,67
$\beta_c$	[-]	0,57	0,41	0,39	0,65
$\beta_\gamma$	[-]	0,42	0,26	0,24	0,51

Forma della fondazione

$\zeta'_q$	[-]	1,49	1,53	1,47	1,51
$\zeta'_e$	[-]	1,51	1,55	1,49	1,53
$\zeta'_\gamma$	[-]	0,70	0,67	0,71	0,69

Inclinazione della superficie del terreno

$\zeta''_q$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_c$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00
$\zeta''_\gamma$	[-]	1,00	1,00	1,00	1,00

q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,37	0,23	0,20	0,45
------------------	-------	------	------	------	------

q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,73	2,18	1,79	5,02
------------------------------------	-----	------	------	------	------

$\gamma_{cp}$		1,40	1,40	1,40	1,40
		LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA	LA VERIFICA E' SODDISFATTA

COMBINAZIONE		ECC	ECC	STR	STR
		1	2	3a	3b
q <sub>lim</sub>	[MPa]	0,37	0,23	0,20	0,45
q <sub>es</sub>	[MPa]	0,10	0,11	0,11	0,09
q <sub>limd</sub> /q <sub>es</sub>	[-]	3,73	2,18	1,79	5,02

Tabella 31 - Cassone tipo G1: Combinazioni di carico senza sovraccarico – Tabulato di calcolo





## 6 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL PRIMO TRATTO DELLA DIGA

Le verifiche di Stabilità Globale del sistema costituito da Opera a gettata, cassoni e terreni di fondazione del primo tratto della diga sono state condotte utilizzando i metodi dell'equilibrio limite globale di Bishop semplificato e di Janbu semplificato, seguendo le prescrizioni delle NTC18. In Appendice A si descrivono brevemente i procedimenti di ciascun metodo.

Per l'opera in esame la condizione di stabilità globale è stata eseguita secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2), adottando un coefficiente parziale di resistenza  $\gamma_R$  pari a 1,1.

L'azione sismica è stata schematizzata, secondo il metodo pseudo-statico, come un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità  $W_i$  per il coefficiente sismico orizzontale ( $k_h$ ) e verticale ( $k_v$ ), in funzione di  $a_{max}$  e  $\beta_m$ , dove  $a_{max}$  è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito,  $\beta_m$  è il coefficiente funzione delle caratteristiche del sottosuolo.

Si riportano i parametri utilizzati per l'analisi sismica:

- Accelerazione al suolo  $a_g/g = 0,05$
- Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo  $S_s = 1,50$
- Coefficiente di amplificazione topografica  $S_t = 1,00$
- Coefficiente riduzione  $\beta_s = 0,38$
- Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0,50
- Coefficiente di intensità sismica orizzontale  $k_h = \frac{a_g}{g} \cdot \beta_s \cdot S_t \cdot S = 2,85$  [%]
- Coefficiente di intensità sismica verticale  $k_v = 0,50 \cdot k_h = 1,43$  [%]
- Coefficiente di sicurezza richiesto  $\gamma_R$  pari a 1,10 (statico) e 1,20 (sismico).

### 6.1 Software di calcolo utilizzato

Il programma di calcolo utilizzato è Stap 14.0 della Software house Aztec Informatica s.r.l., licenza No. AIU2302G8, intestata a DUOMI s.r.l..



Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e dai



distributori del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Gli sviluppatori hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento dell'opera.



### Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali geometria della superficie di scivolamento, divisione in strisce del volume di terreno, forze d'interstriscia, pressioni neutre, hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni e della Geotecnica.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato

Esito positivo.

## **6.2 Opera a gettata esterna**

### **6.2.1 Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità**

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONE A Peso Proprio Opera + Livello idrico LM + 0,00 sul l.m.m.

COMBINAZIONE B Peso Proprio Opera + Livello idrico LM + 3,05 sul l.m.m.

COMBINAZIONE C Peso Proprio Opera + Livello idrico LM - 3,05 sul l.m.m.

COMBINAZIONE D Peso Proprio Opera + Azione sismica+ Livello idrico LM + 0,00 sul l.m.m

Il Livello idrico LP è stato sempre assunto a +0,00 m s.l.m.m..

Il segno "+" ha il significato di "combinato con".

### **6.2.2 Modello di calcolo**

Nella *Figura 3* si mostrano il modello di calcolo e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali coinvolti.



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

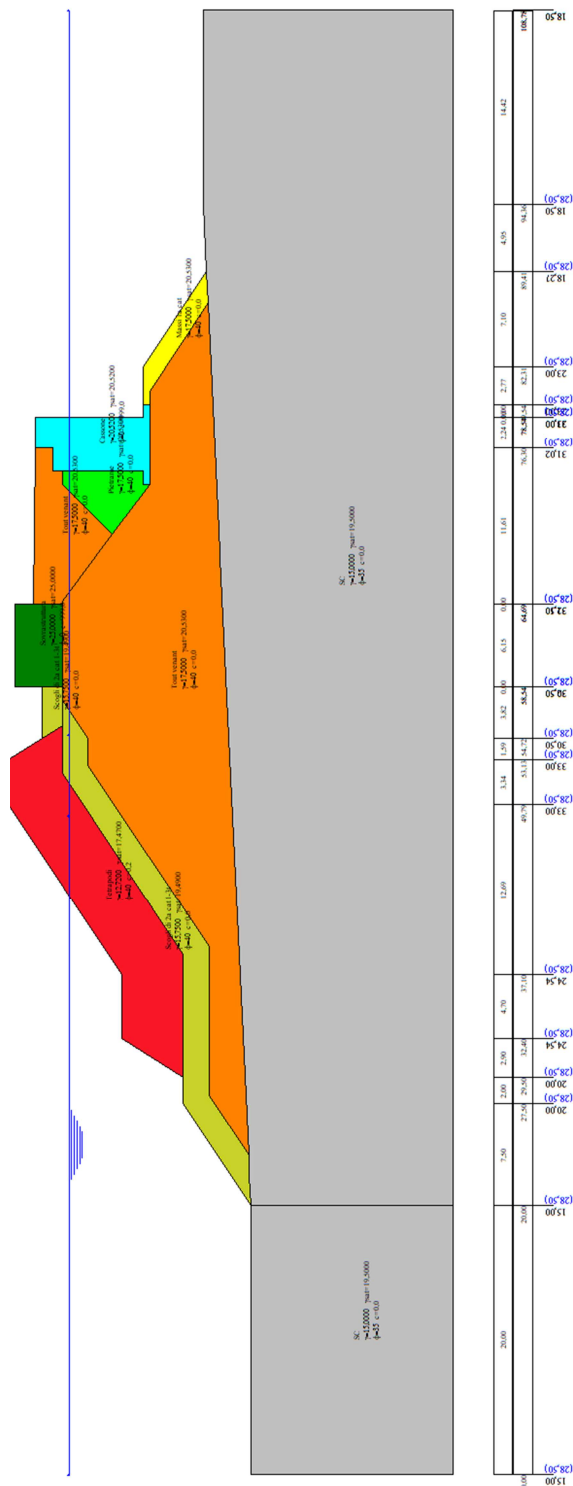


Figura 3 - Modello di calcolo





	SC $\gamma=15,0000$ $\gamma_{sat}=19,5000$ $\phi=35$ $c=0,0$
	Massi 1a cat $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Tout venant $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Pietrame $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Tetrapodi $\gamma=12,7200$ $\gamma_{sat}=17,4700$ $\phi=40$ $c=0,2$
	Scogli di 2a cat 1-3t $\gamma=15,7500$ $\gamma_{sat}=19,4900$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Sovrastruttura $\gamma=25,0000$ $\gamma_{sat}=25,0000$ $\phi=0$ $c=999,0$
	Cassone $\gamma=20,5200$ $\gamma_{sat}=20,5200$ $\phi=0$ $c=999,0$

Figura 4 – Caratteristiche meccaniche dei materiali

Il valore della coesione intercetta della mantellata, pur non essendo significativo come valore ingegneristico viene posto pari al valore 0,2 kN/m<sup>2</sup> per ragioni di modellazione numerica.



### 6.2.3 Risultati delle verifiche di stabilità globale

Le verifiche sono state eseguite applicando più metodi dell'equilibrio limite e confrontando i risultati ottenuti. Cautelativamente è stato considerato il coefficiente di sicurezza minimo tra quelli ottenuti.

In estrema sintesi, è stato quindi implementato il modello di *Figura 3* all'interno del codice di calcolo con l'ipotesi di superficie di scivolamento circolare. È stata fissata una griglia di centri delle circonferenze con raggio variabile, di dimensioni 20x20 m, passo 1 m, e raggio variabile da 20 a 30 m (con 20 incrementi da 0,50 m). Per ogni nodo viene quindi determinata la circonferenza cui compete il minimo valore del coefficiente di sicurezza. Tale minimo è attribuito al nodo considerato. Eseguita l'esplorazione per l'intera maglia di centri, il più piccolo dei valori determinati è il coefficiente di sicurezza del sistema opera-terreni.

Si riporta di seguito un quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza minimi ottenuti dalle analisi:

$F_{min}$				
MEL	COMB. A	COMB. B	COMB. C	COMB. D
Bishop	1,184	1,252	1,214	1,339
Janbu	1,115	1,177	1,150	1,263

Tabella 32 – Coefficienti di sicurezza minimi

Le superfici critiche di rottura cui fanno riferimento i coefficienti di sicurezza minimi per le combinazioni A-C-D riportati in *Tabella 32* interessano esclusivamente la mantellata in tetrapodi; tali meccanismi di rottura non sono ritenuti significativi perché non tengono conto della loro natura di blocchi discreti interconnessi.

Si riporta di seguito un quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza relativi alle superfici critiche di rottura significative:

$F_{min}$				
MEL	COMB. A	COMB. B	COMB. C	COMB. D
Bishop	1,253	1,252	1,253	1,384
Janbu	1,177	1,177	1,177	1,291

Tabella 33 – Coefficienti di sicurezza relativi ai meccanismi di rottura significativi

In particolare, per le combinazioni A, C e D le superfici critiche secondo Bishop sono rispettivamente la n°8, n°5 e n°11 (numero d'ordine partendo dal coeff. di sicurezza minimo); le superfici critiche secondo Janbu sono rispettivamente la n°10, n°22 e n°8.

Essendo i coefficienti di sicurezza determinati sempre maggiori dei valori minimi, pari a 1,10 (SLU) e 1,20 (SLV) previsti dalla norma, le verifiche risultano soddisfatte.

Nelle successive figure, si riportano:

- Modello di calcolo;
- Maglia dei centri;
- Meccanismo di rottura critico (si riportano soltanto quelle di Bishop, in quanto quelle secondo Janbu sono pressoché coincidenti).



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

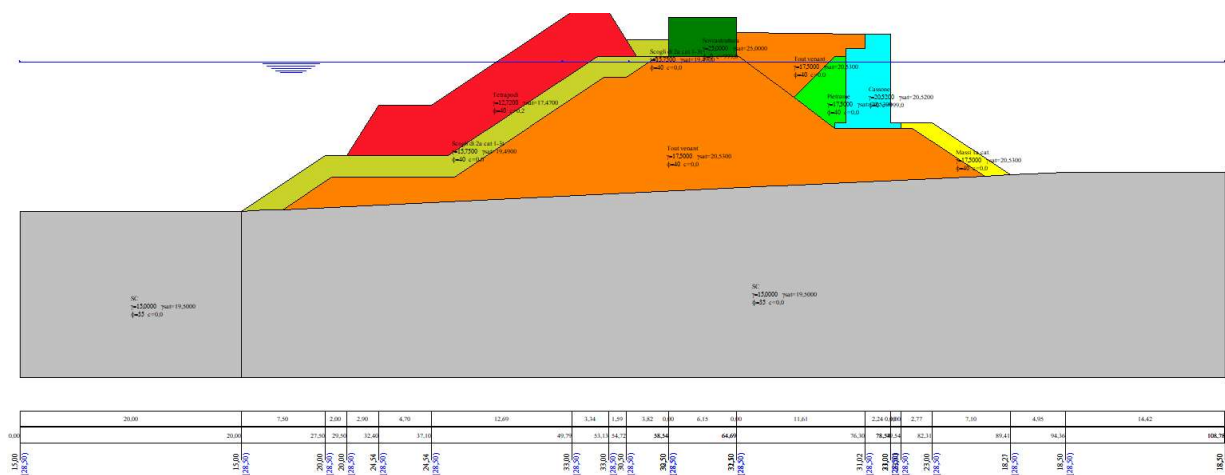


Figura 5 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A-COMB. D – Modello di calcolo

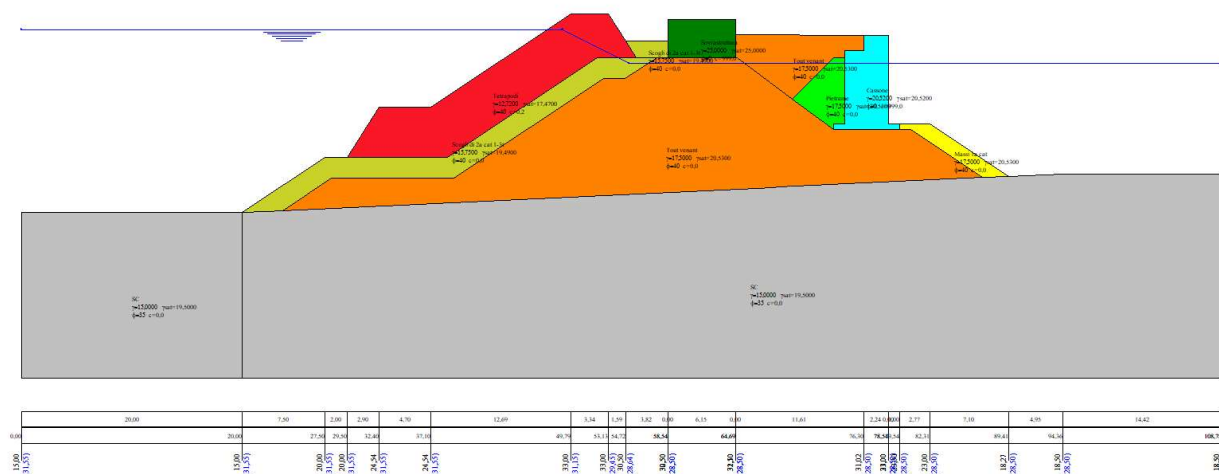


Figura 6 - Verifica di Stabilità globale – COMB. B – Modello di calcolo





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

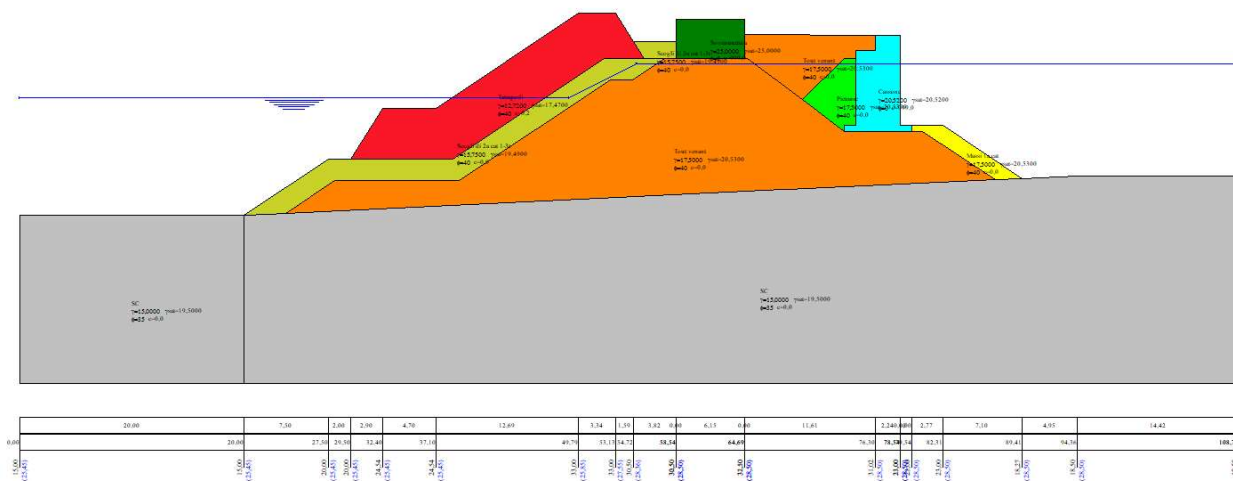


Figura 7 - Verifica di Stabilità globale – COMB. C – Modello di calcolo

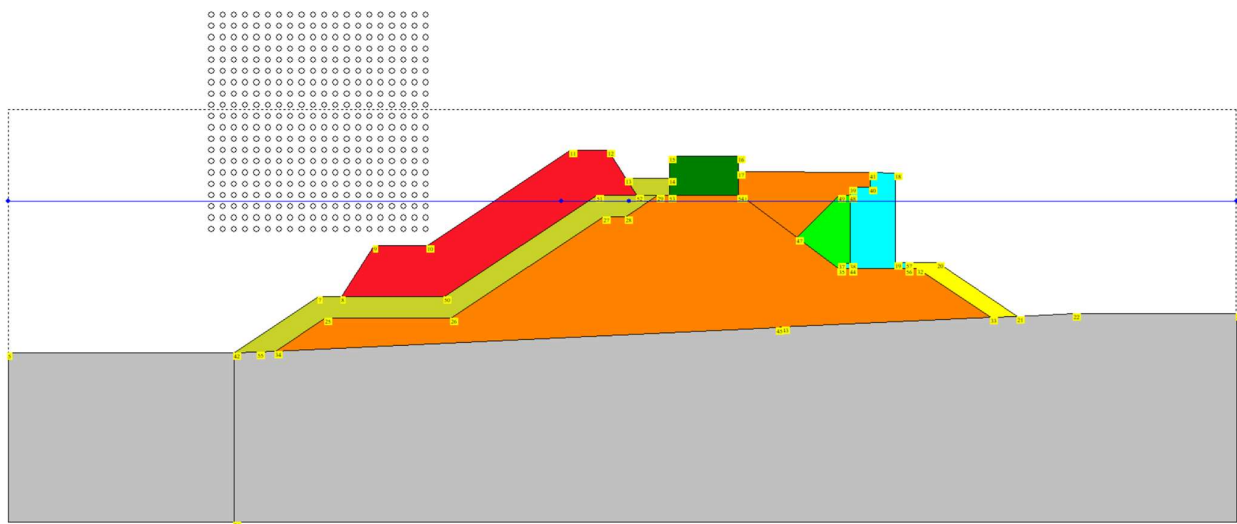


Figura 8 - Verifica di Stabilità globale – Maglia dei centri



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

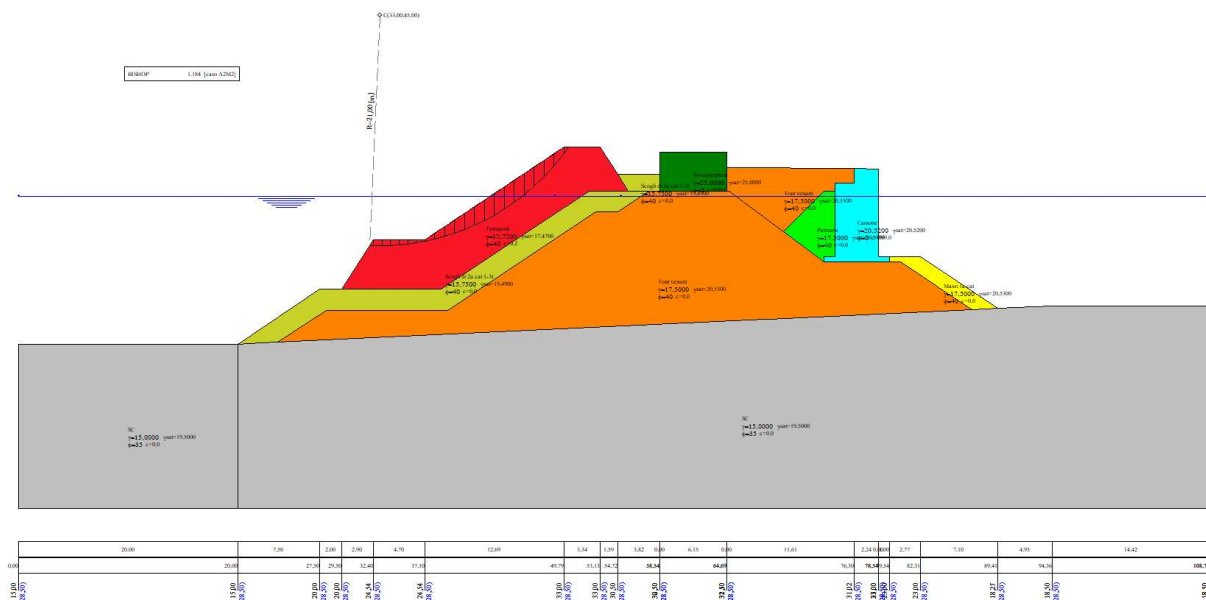


Figura 9 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]

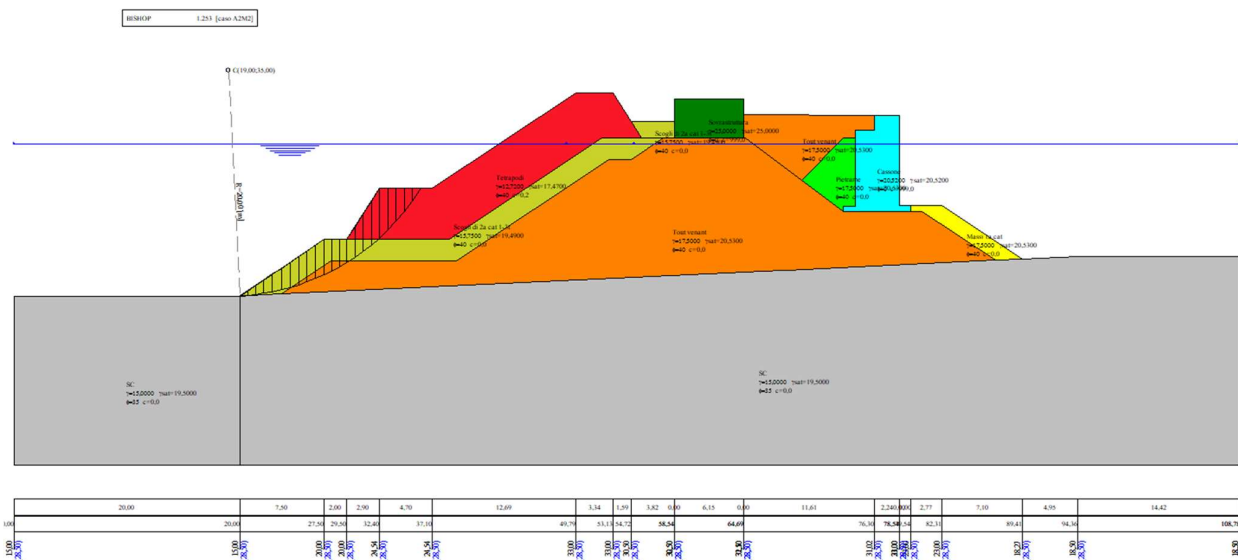


Figura 10 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°8]



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

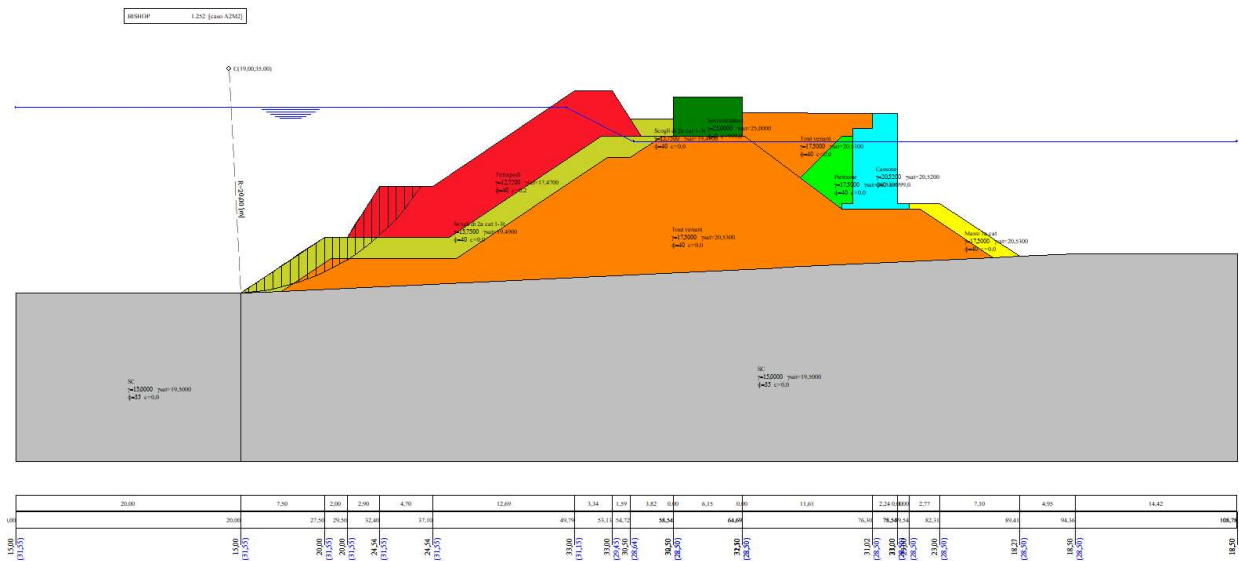
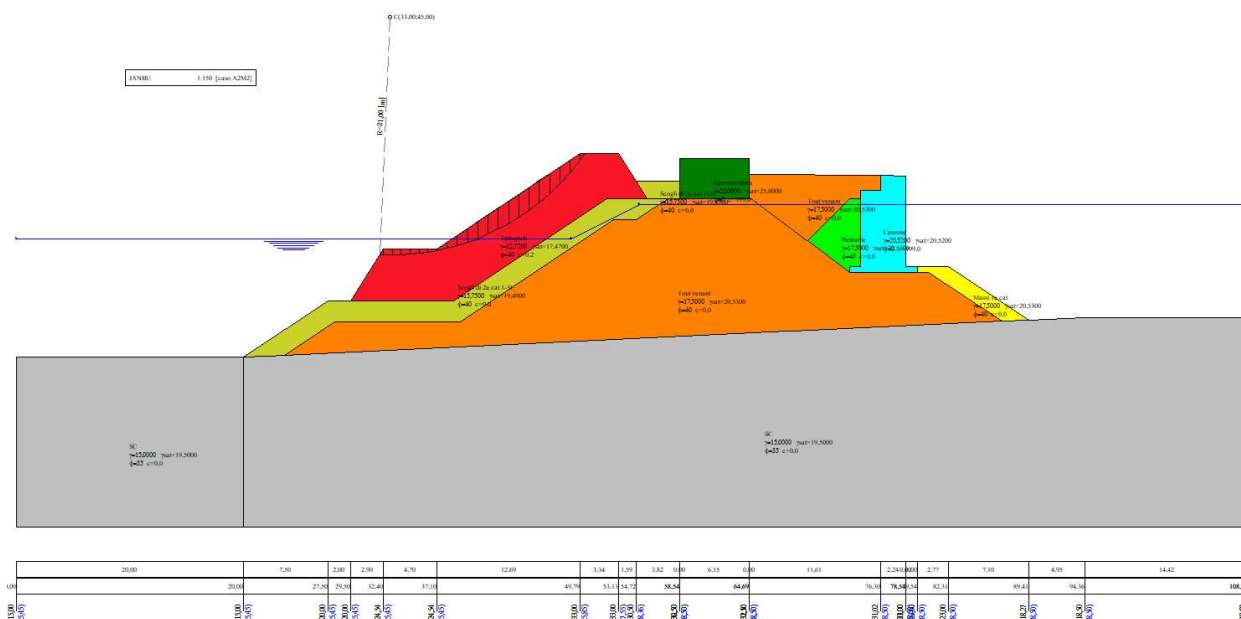


Figura 11 - Verifica di Stabilità globale – COMB. B – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]

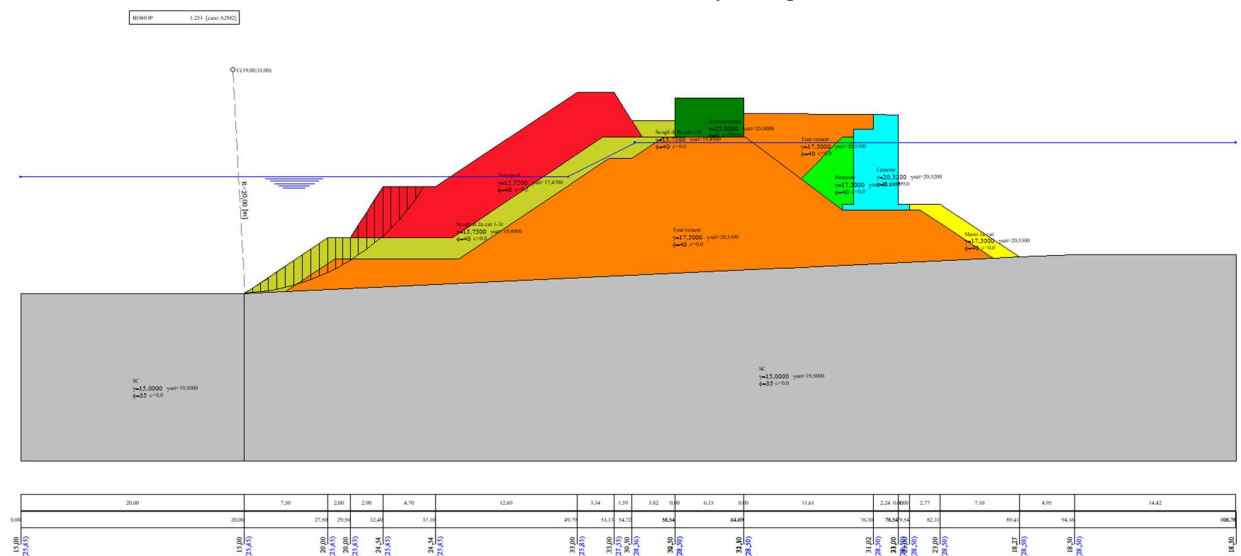


**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

- Relazione di calcolo geotecnico -



*Figura 12 - Verifica di Stabilità globale – COMB. C – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1 ]*



*Figura 13 - Verifica di Stabilità globale – COMB. C – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°5]*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

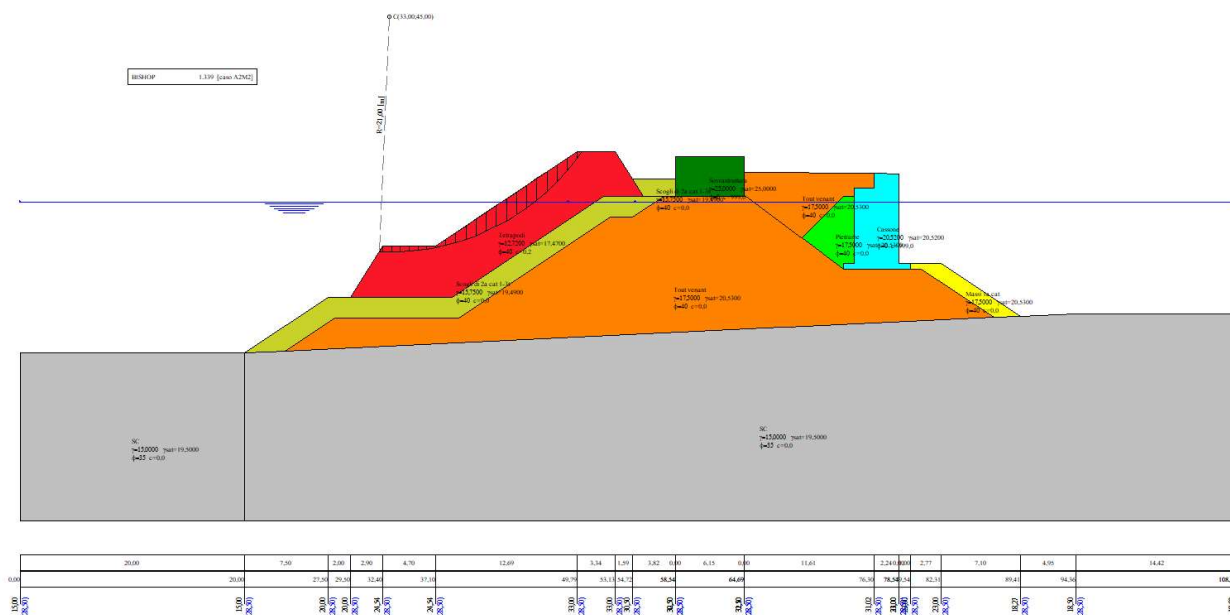


Figura 14 - Verifica di Stabilità globale – COMB. D – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]

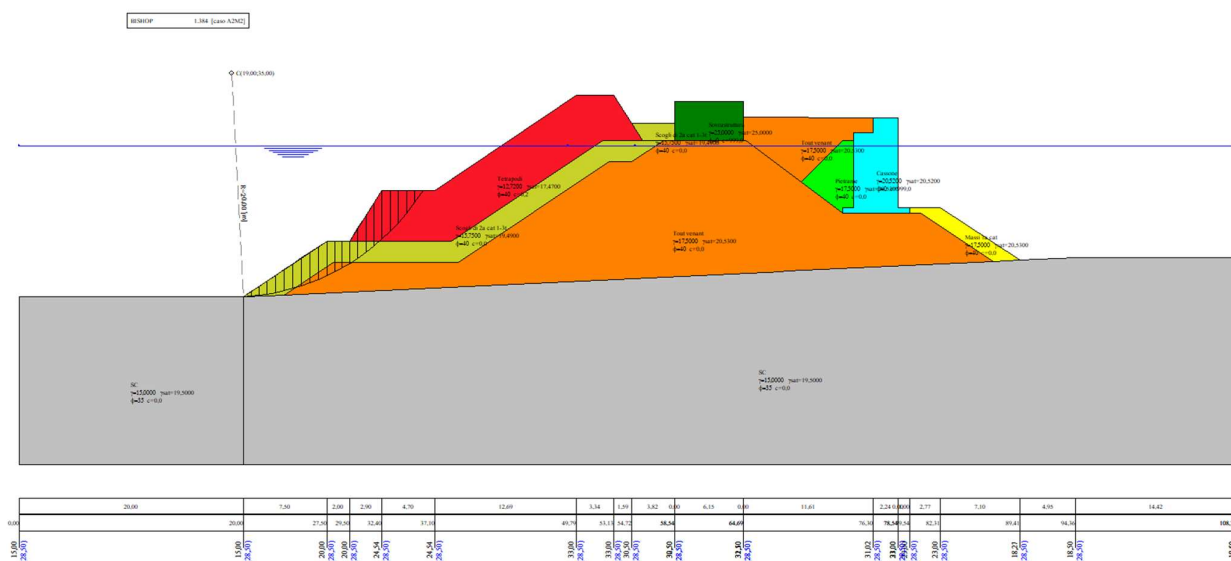


Figura 15 - Verifica di Stabilità globale – COMB. D – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°11]



Di seguito si riportano gli involuپی delle superfici di rottura per le combinazioni considerate, a dimostrazione dell'ampiezza dei volumi investigati:

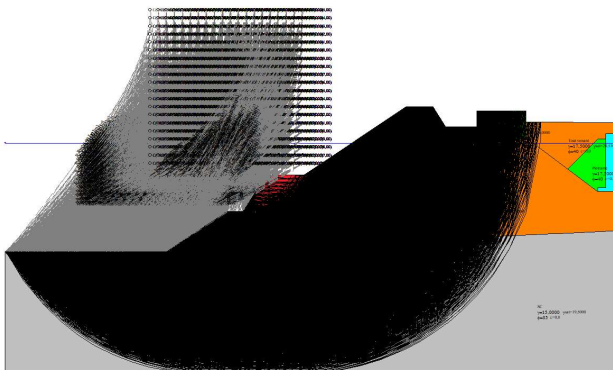


Figura 16 - Involuppo delle superfici di rottura – COM.A

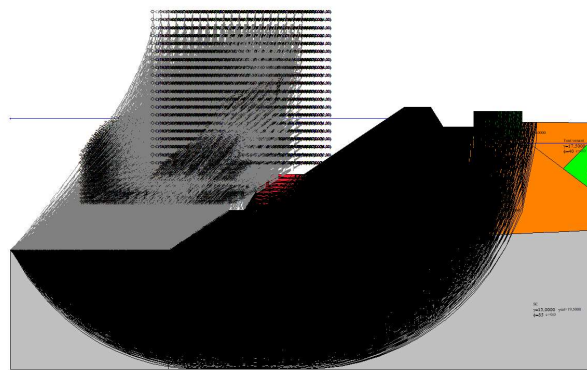


Figura 17 - Involuppo delle superfici di rottura – COM.B

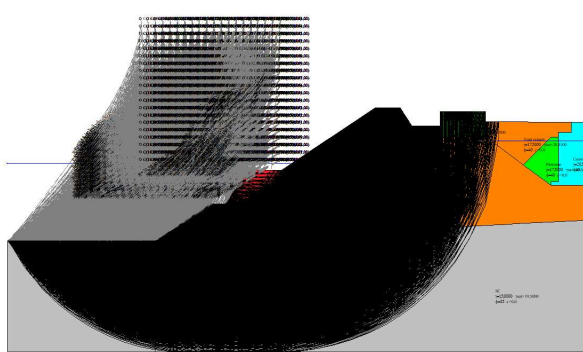


Figura 18 - Involuppo delle superfici di rottura –COM.C

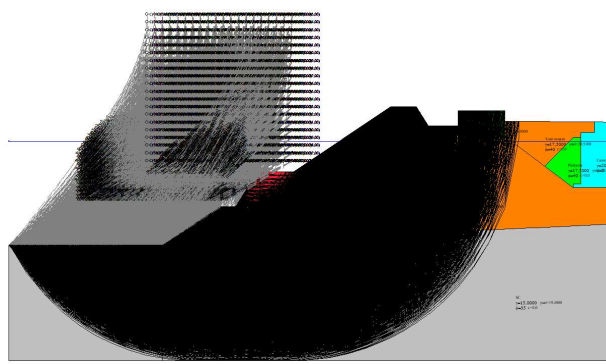


Figura 19 - Involuppo delle superfici di rottura COM.D



## 6.3 Banchina del MOLO

### 6.3.1 Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONE A (SLU) SOVRACCARICO + TIRO ALLA BITTA

COMBINAZIONE B (SLV) SOVRACCARICO + TIRO ALLA BITTA + SISMA

Il segno “+” ha il significato di “combinato con”.

Il Livello idrico è sempre assunto a +0,00 m s.l.m.m..

### 6.3.2 Modello di calcolo

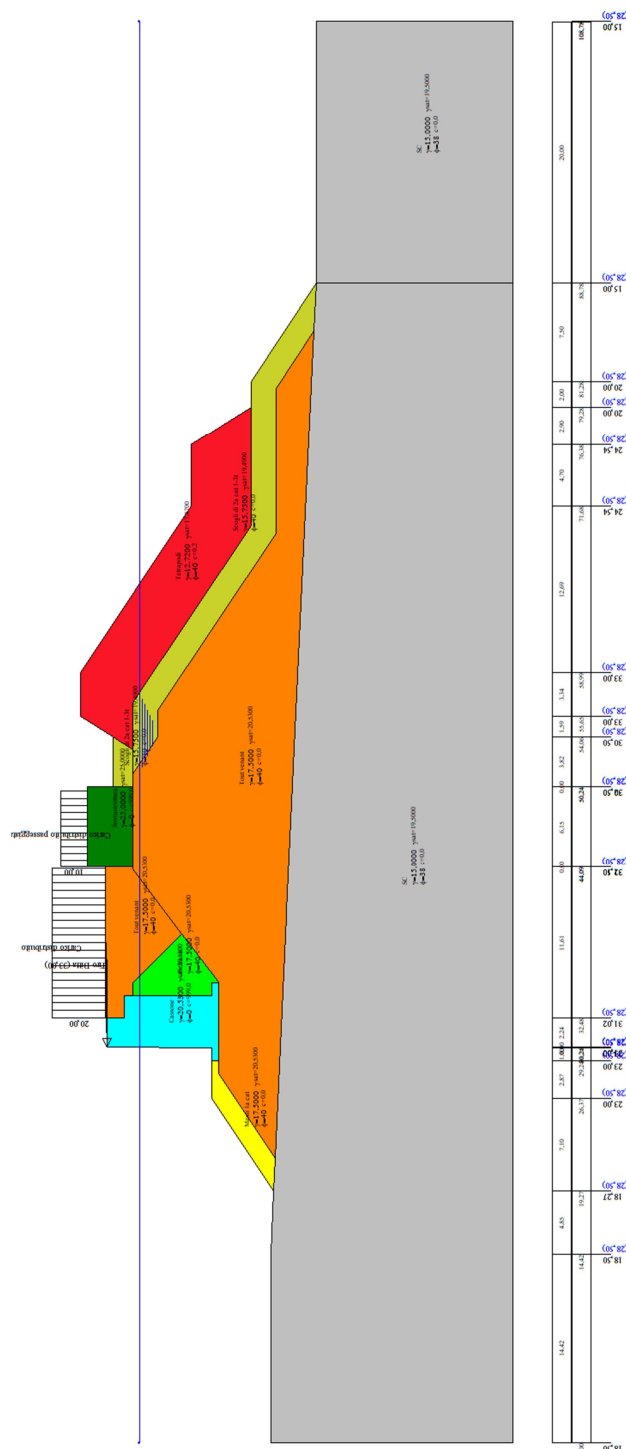
Nella *Figura 20* e *Figura 21* e si mostrano il modello di calcolo e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali coinvolti.



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -















	SC $\gamma=15,0000$ $\gamma_{sat}=19,5000$ $\phi=38$ $c=0,0$
	Massi 1a cat $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Tout venant $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Pietrame $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Tetrapodi $\gamma=12,7200$ $\gamma_{sat}=17,4700$ $\phi=40$ $c=0,2$
	Scogli di 2a cat 1-3t $\gamma=15,7500$ $\gamma_{sat}=19,4900$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Sovrastruttura $\gamma=25,0000$ $\gamma_{sat}=25,0000$ $\phi=0$ $c=999,0$
	Cassone $\gamma=20,5300$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=0$ $c=999,0$

Figura 21 – Caratteristiche meccaniche dei materiali

Il valore della coesione intercetta della mantellata, pur non essendo significativo come valore ingegneristico viene posto pari al valore  $0,2 \text{ kN/m}^2$  per ragioni di modellazione numerica.

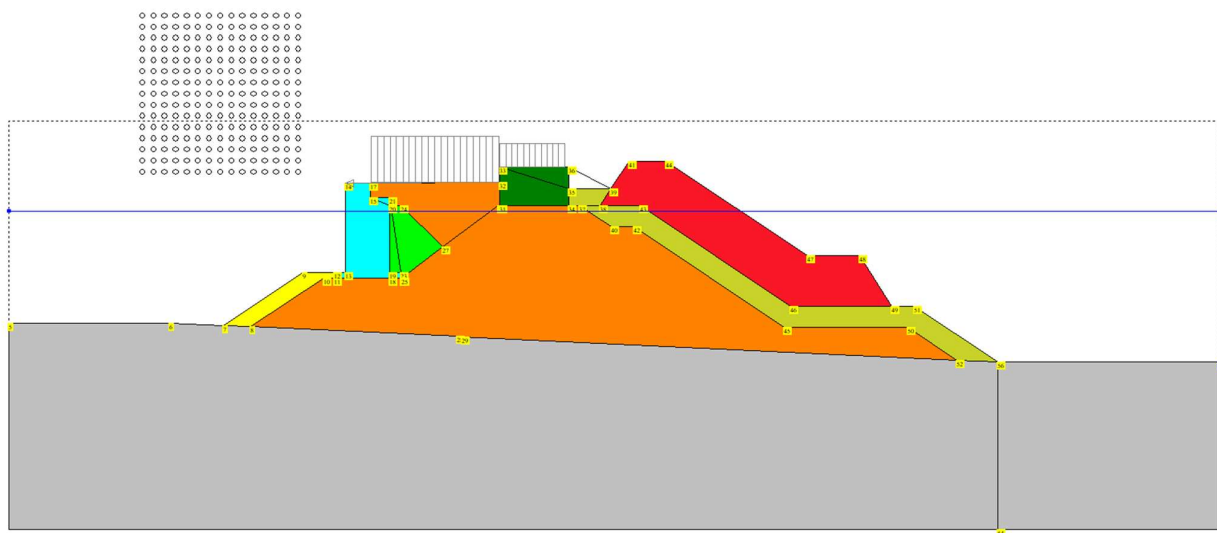
Rispetto alle verifiche di stabilità della parte lato mare, lo strato di Sabbie Calcarenitiche (SC) è stato modellato in modo meno conservativo, assegnando un angolo di resistenza a taglio pari a  $38^\circ$ . Tale schematizzazione è sempre cautelativa.





**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

- *Relazione di calcolo geotecnico* -



**Figura 23 - Verifica di Stabilità globale – Maglia dei centri**

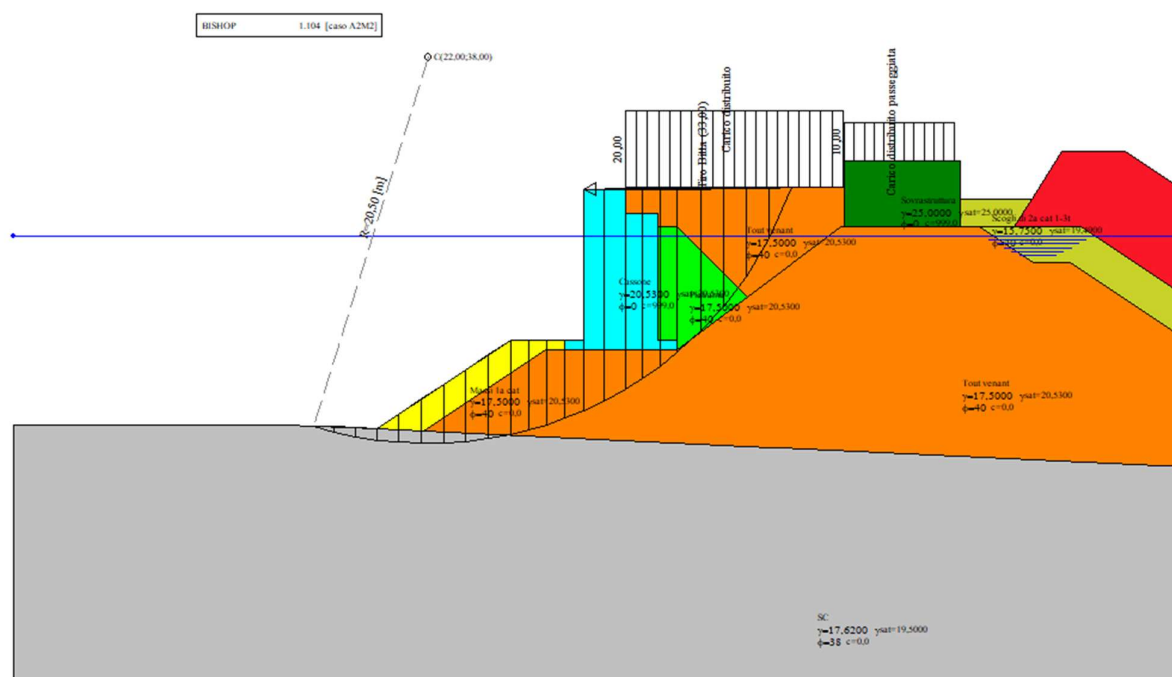


Figura 24 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1 ]



7

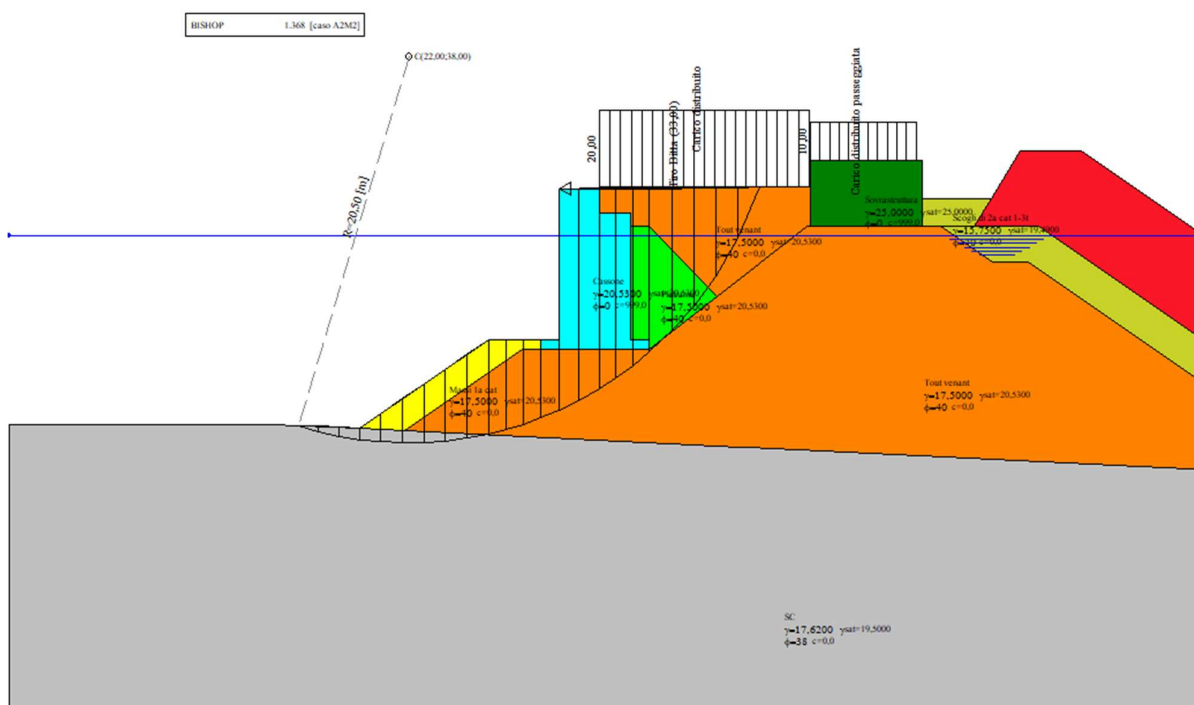


Figura 25 - Verifica di Stabilità globale – COMB. B – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]

Di seguito si riportano gli inviluppi delle superfici di rottura per le combinazioni considerate, a dimostrazione dell'ampiezza dei volumi investigati:

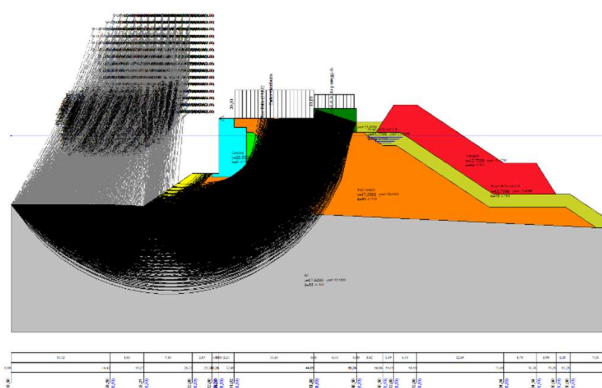


Figura 26 - Involuppo delle superfici di rottura – COM.A

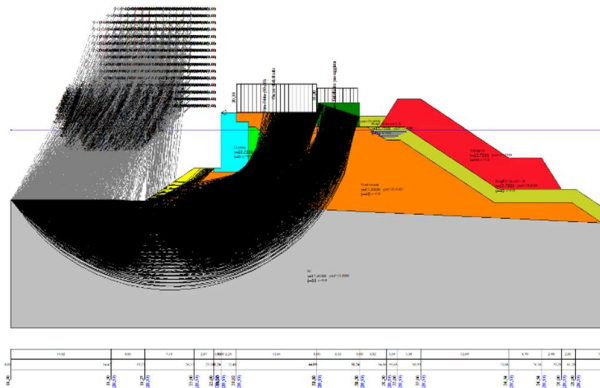


Figura 27 - Involuppo delle superfici di rottura – COM.B



## 6.4 Banchina alla RADICE

### 6.4.1 Combinazioni di carico adottate nelle verifiche di stabilità

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

COMBINAZIONE A (SLU) SOVRACCARICO + TIRO ALLA BITTA

COMBINAZIONE B (SLV) SOVRACCARICO + TIRO ALLA BITTA + SISMA

Il segno “+” indica ha il significato di “combinato con”.

Il Livello idrico è sempre assunto a +0,00 m s.l.m.m..

### 6.4.2 Modello di calcolo

Nella *Figura 28* e *Figura 29* e si mostrano il modello di calcolo e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali coinvolti.

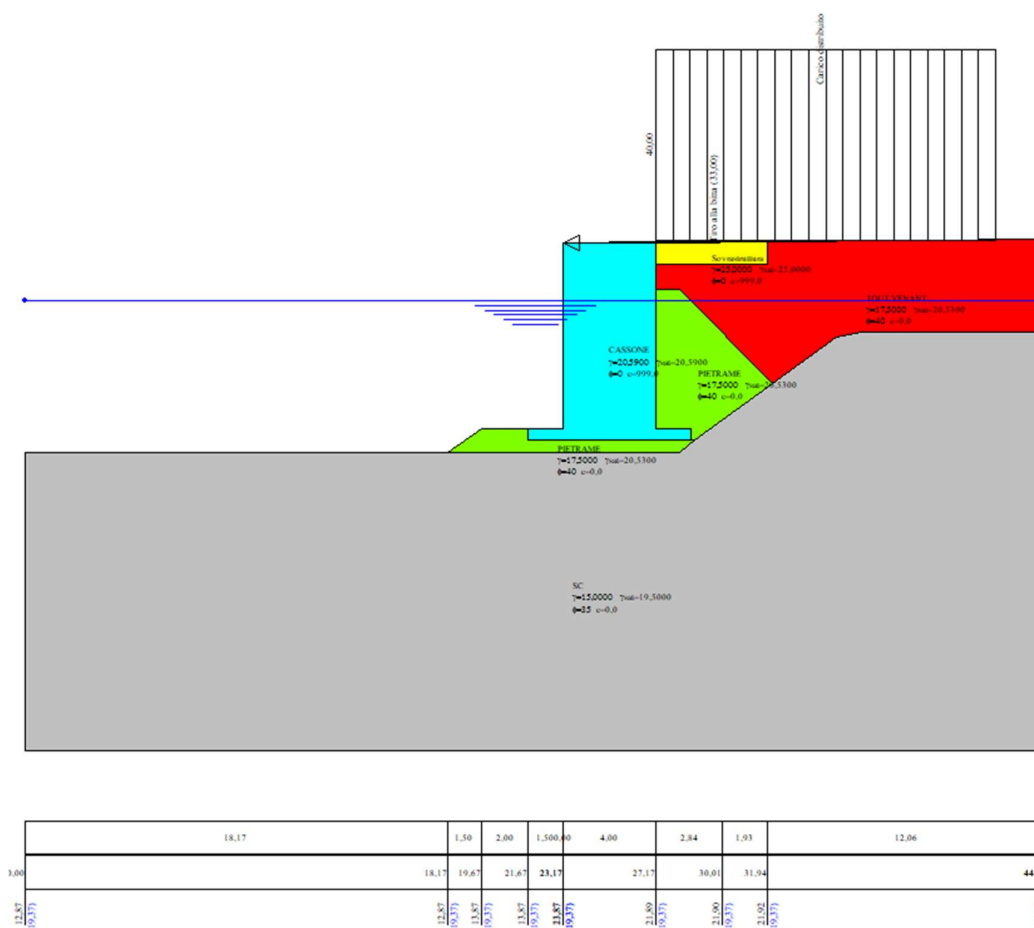


Figura 28 - Modello di calcolo



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -






	SC $\gamma=15,0000$ $\gamma_{sat}=19,5000$ $\phi=35$ $c=0,0$
	PIETRAME $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	CASSONE $\gamma=20,5900$ $\gamma_{sat}=20,5900$ $\phi=0$ $c=999,0$
	TOUT VENANT $\gamma=17,5000$ $\gamma_{sat}=20,5300$ $\phi=40$ $c=0,0$
	Sovrastruttura $\gamma=25,0000$ $\gamma_{sat}=25,0000$ $\phi=0$ $c=999,0$

Figura 29 – Caratteristiche meccaniche dei materiali



#### 6.4.3 Risultati delle verifiche di stabilità globale

Le verifiche sono state eseguite applicando più metodi dell'equilibrio limite e confrontando i risultati ottenuti. Cautelativamente è stato considerato il coefficiente di sicurezza minimo tra quelli ottenuti.

In estrema sintesi, è stato quindi implementato il modello di *Figura 28* all'interno del codice di calcolo con l'ipotesi di superficie di scivolamento circolare. È stata fissata una griglia di centri delle circonferenze con raggio variabile, di dimensioni 15x15 m, passo 1 m, e raggio variabile da 20 a 30 m (con 20 incrementi da 0,50 m). Per ogni nodo viene quindi determinata la circonferenza cui compete il minimo valore del coefficiente di sicurezza. Tale minimo è attribuito al nodo considerato. Eseguita l'esplorazione per l'intera maglia di centri, il più piccolo dei valori determinati è il coefficiente di sicurezza del sistema opera-terreni.

Si riporta un quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza ottenuti dalle analisi:

MEL	COMB. A	COMB. B
Bishop	1,133	1,499

*Tabella 35 – Coefficienti di sicurezza minimi*

Essendo i coefficienti di sicurezza determinati sempre maggiori dei valori minimi, pari 1,10 (SLU) e 1,20 (SLV) previsti dalla norma, le verifiche risultano soddisfatte.

Nelle successive figure, si riportano:

- Modello di calcolo;
- Maglia dei centri;
- Meccanismo di rottura critico.



Comune  
di Favignana

# PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

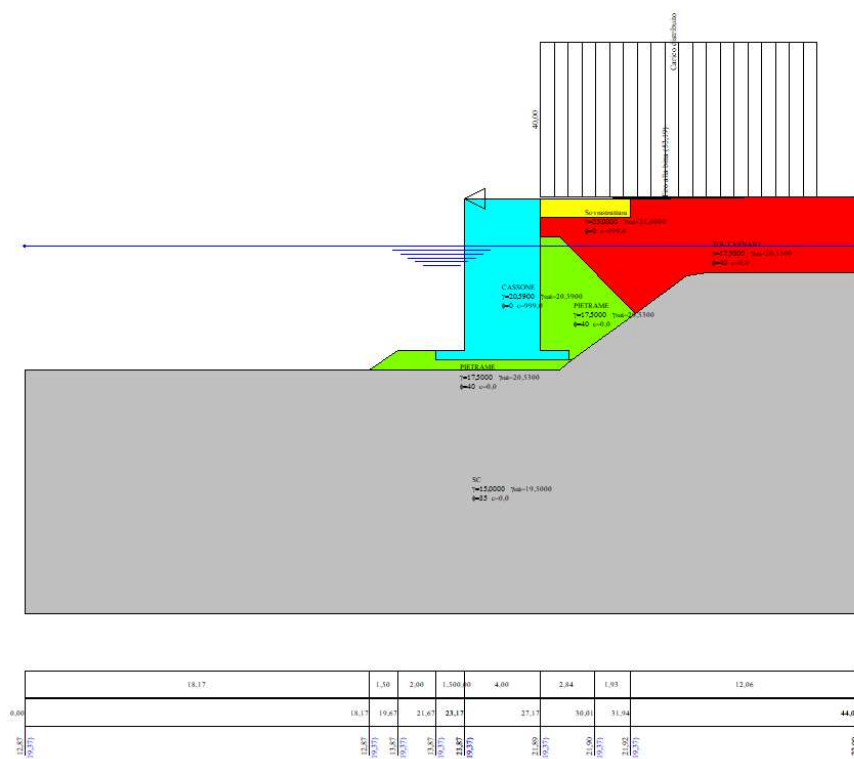


Figura 30 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A / COMB. B – Modello di calcolo

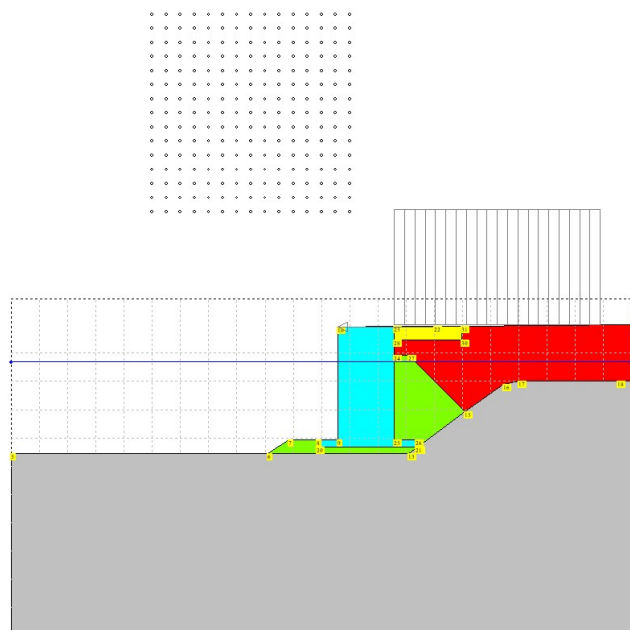


Figura 31 - Verifica di Stabilità globale – Maglia dei centri





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

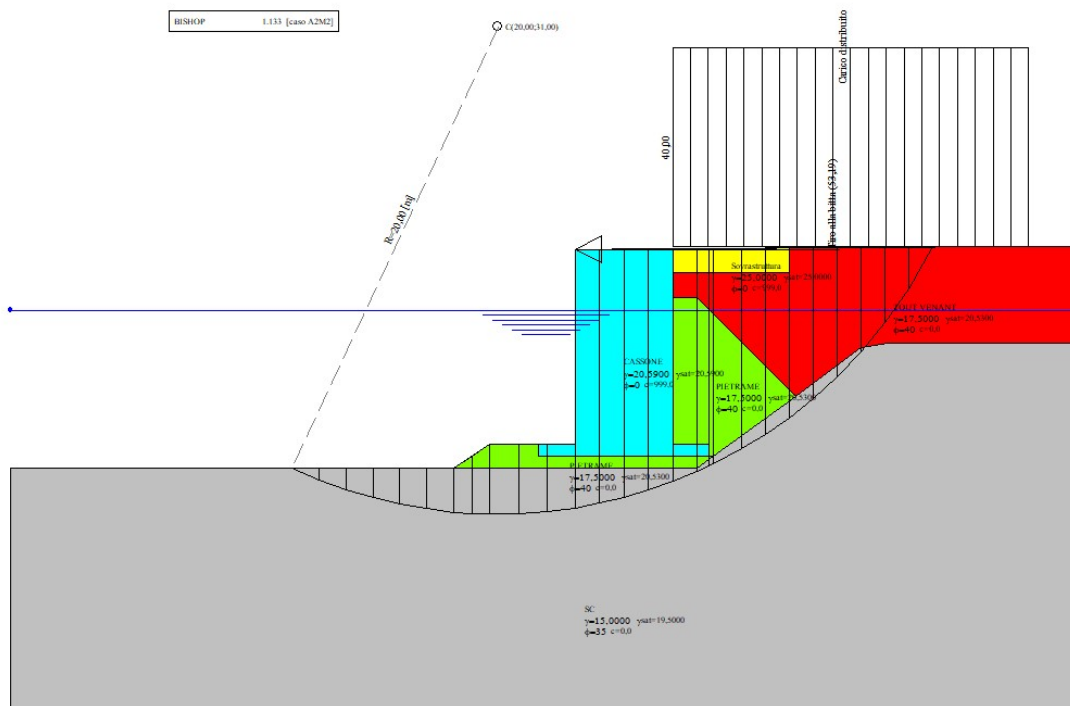


Figura 32 - Verifica di Stabilità globale – COMB. A – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]

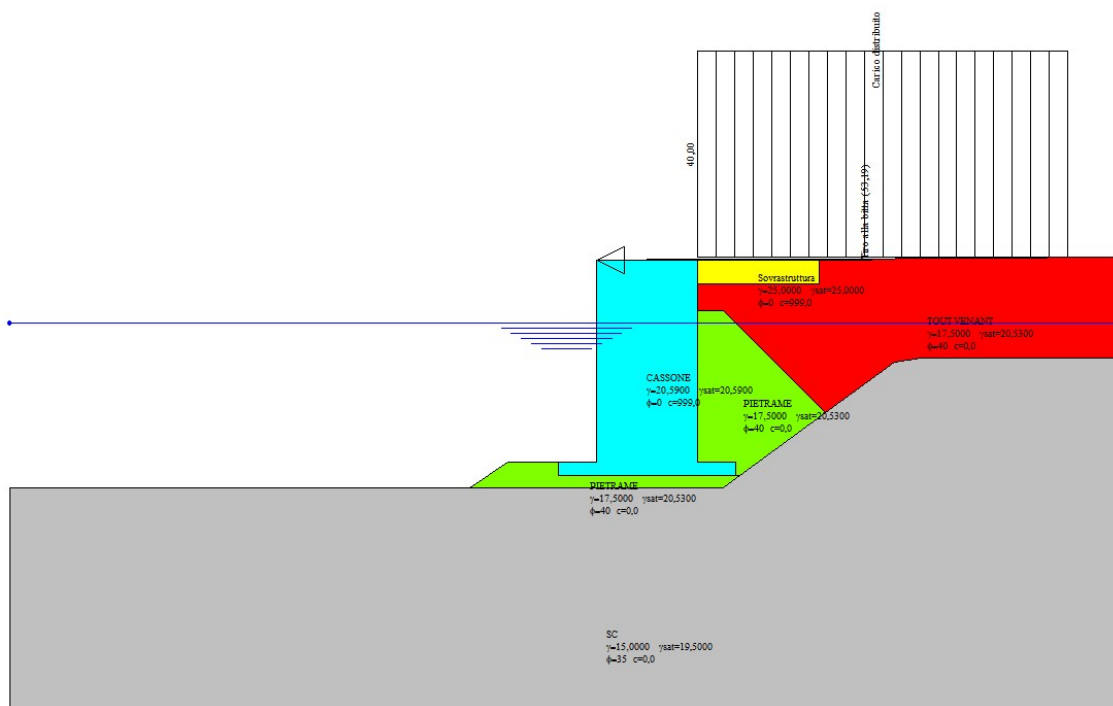


Figura 33 - Verifica di Stabilità globale – COMB. B – Meccanismo di rottura critico [superficie critica Bishop n°1]



Di seguito si riportano gli inviluppi delle superfici di rottura per le combinazioni considerate, a dimostrazione dell'ampiezza dei volumi investigati:

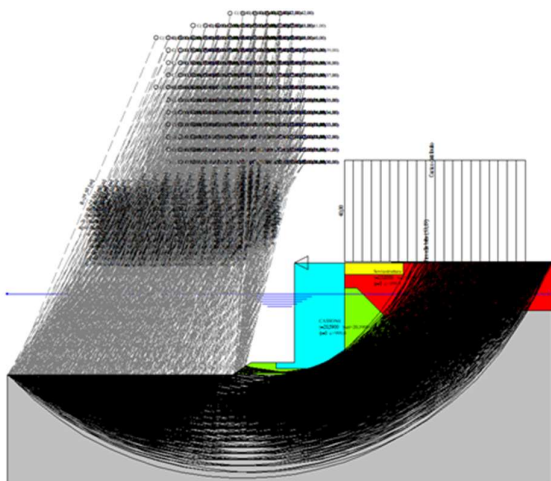


Figura 34 - Involuppo delle superfici di rottura –  
COM.A

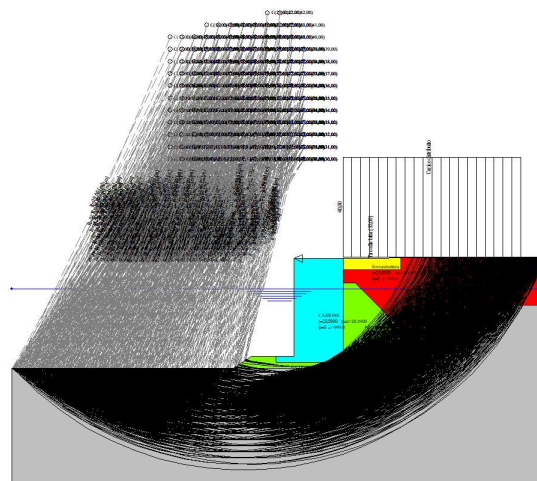
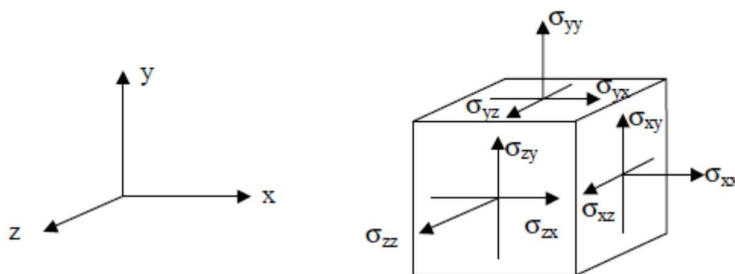


Figura 35 - Involuppo delle superfici di rottura –  
COM.B

## 7 VERIFICHE AGLI SLE

L'interazione tra gli elementi strutturali ed il terreno costituenti il sistema geotecnico in oggetto, è stato studiato con l'ausilio di analisi numeriche agli elementi finiti bidimensionali. Il modello geometrico è stato creato nel piano x-y del sistema di coordinate globali (vedi *Figura 36*), ove la direzione z è la direzione dell'utente. Le tensioni sono riferite allo stesso sistema di coordinate.



*Figura 36- Sistema di coordinate ed indicazioni delle componenti positive di tensione*

In tutti i valori di output le forze e le tensioni, ivi comprese le pressioni neutre, sono considerate negative se di compressione. La *Figura 36* mostra i versi positivi delle tensioni.

Le analisi dei cedimenti fanno riferimento allo SLE combinazione rara:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

dove:

- $G_1$  = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
- $G_2$  = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $Q_{k1}$  = azione variabile dominante;
- $Q_{kj}$  = azioni variabili concomitanti con quella dominante;
- $\gamma_{Qi}$  = coefficiente parziale delle azioni variabili;
- $\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;
- $\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;
- $\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$  = coefficienti di combinazione delle azioni.

Nelle espressioni sopra riportate il simbolo + sta per *combinato con*.



## 7.1 Software di calcolo utilizzato

Il programma di calcolo utilizzato è Plaxis2D, della softwarehouse Bentley Systems, Agreement No. C1416518, intestata a DUOMI s.r.l..

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributori del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Gli sviluppatori hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine delle analisi, controlli automatici identificano la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

### 7.1.1 Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura e del terreno utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni e della Geotecnica.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

## 7.2 Analisi agli SLE : DIGA A PARETE VERTICALE

### 7.2.1 Modello di calcolo e fasi costruttive

Al fine di determinare un modello geotecnico di calcolo compatibile con i terreni in situ ed affidabile dal punto di vista computazionale, è stata effettuata una procedura di taratura del modello in termini di estensione geometrica ed in termini di caratteristiche fisico-meccaniche dedotte dalla campagna d'indagini. Inoltre, il modello contiene al suo interno l'opera da realizzare, in modo tale da determinare quali sono gli spostamenti che la interessano per effettuare le dovute verifiche.



Ai fini della modellazione geotecnica sono state individuate tre unità stratigrafiche aventi le proprietà fisico-meccaniche descritte in Tabella 36.

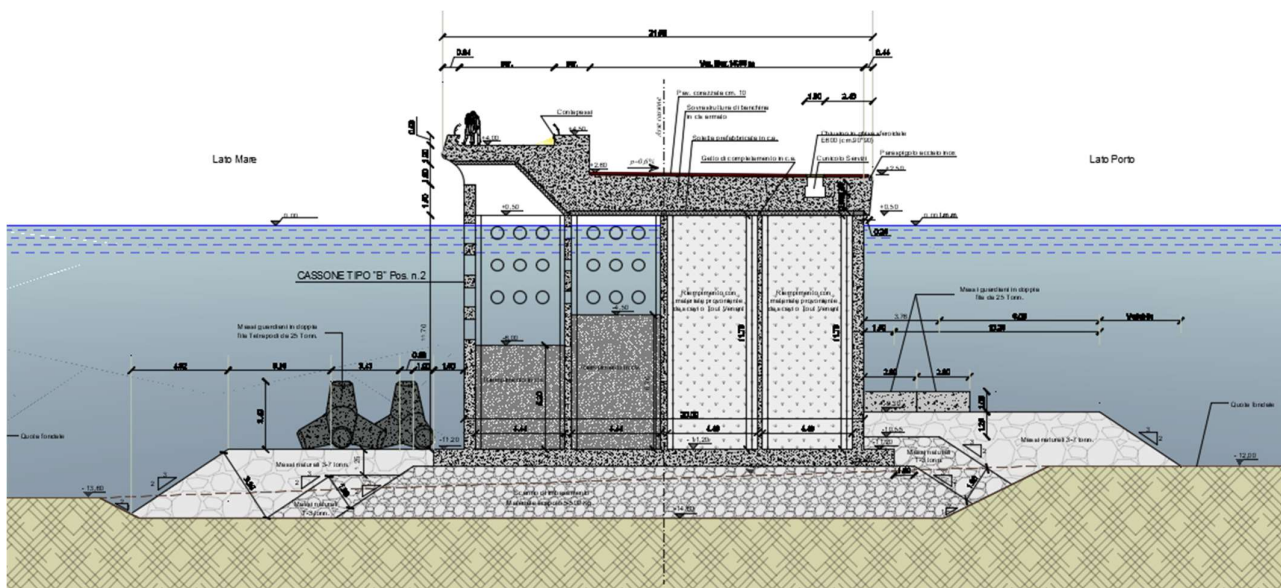
Per quanto concerne i materiali da costruzione si fa riferimento nei calcoli a seguire alle caratteristiche fisico-meccaniche riportate ancora in Tabella 36.

Material sets	Material model	Drainage type	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$E_{s0}^{ref}$	$E_{oed}^{ref}$	$E_{ur}^{ref}$	$c'$	$\phi'$	$\psi$	$E$	$\nu$	spessore
			[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[m]
SC3	HS	DR	15,00	19,50	18.000,00	18.000,00	54.000,00	0,00	38,00	0,00	-	0,20	28,00
SC2	HS	DR	15,00	19,50	14.000,00	14.000,00	42.000,00	0,00	38,00	0,00	-	0,20	15,00
SC1	HS	DR	15,00	19,50	8.000,00	8.000,00	24.000,00	0,00	35,00	0,00	-	0,30	8,00
Imbasamento di pietrame	HS	DR	17,50	20,53	30.000,00	30.000,00	90.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	2,60
Cassone (affondato)	LE	NP	13,94	13,94	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-
Cassone (riempito)	LE	NP	19,58	19,58	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-
Scogli di 2a cat.	HS	DR	15,75	19,49	50.000,00	50.000,00	150.000,00	0,20	40,00	0,00	-	0,30	-
Elevazione e sovrastruttura	LE	NP	21,02	21,02	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-

Tabella 36 - Caratteristiche fisico – meccaniche dei materiali

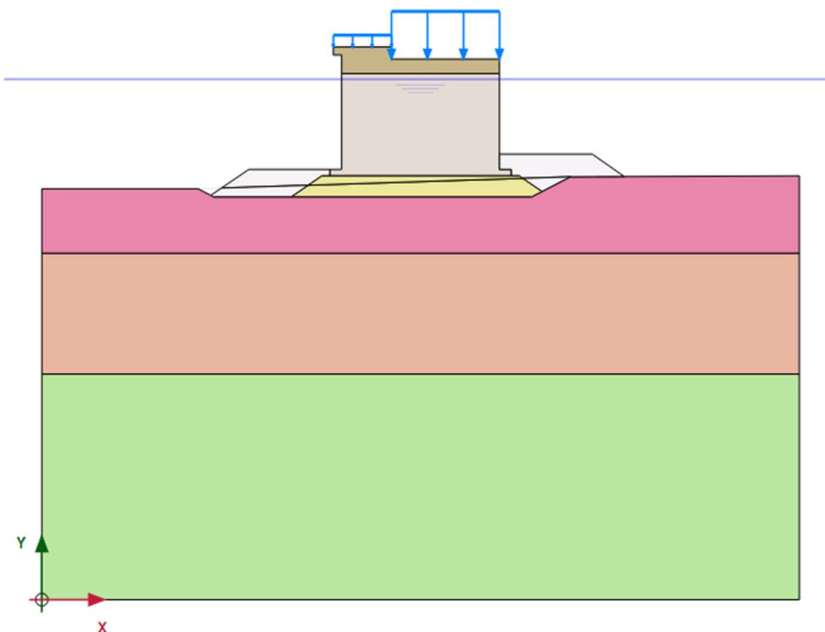
I terreni di fondazione ed i materiali di costruzione sono stati modellati con il legame costitutivo Hardening Soil (HS), di cui in Appendice si riportano una descrizione e le ipotesi adottate; il comportamento degli stessi è stato considerato drenato (DR), al fine di simulare il rapido drenaggio per l'elevata permeabilità dei terreni.

Le strutture in calcestruzzo (cassone cellulare e sovrastruttura) sono state modellate come materiali con comportamento non poroso (NP), con questa impostazione non vengono considerate né pressioni neutre iniziali né sovrappressioni neutre. I materiali di tali strutture sono stati considerati come omogenei, con l'impiego nei calcoli di valori equivalenti dei pesi per unità di volume. Il peso per unità di volume del cassone cellulare assume valori diversi a seconda della fase costruttiva considerata, ovvero: la posa provvisoria del cassone affondato con acqua all'interno, e la posa definitiva con riempimento di calcestruzzo ed inerti. In *Figura 37* si riporta la sezione trasversale del cassone cellulare oggetto di calcolo.



*Figura 37 - Sezione trasversale del cassone*

Ai fini dell'implementazione nel programma di calcolo, la geometria del modello è stata semplificata rappresentando le dimensioni ritenute ingegneristicamente significative. In si riporta il modello geometrico del sistema geotecnico utilizzato per l'analisi. In *Figura 38* si riporta la discretizzazione del modello con elementi finiti triangolari a 15 nodi.



*Figura 38 - Modello geometrico*



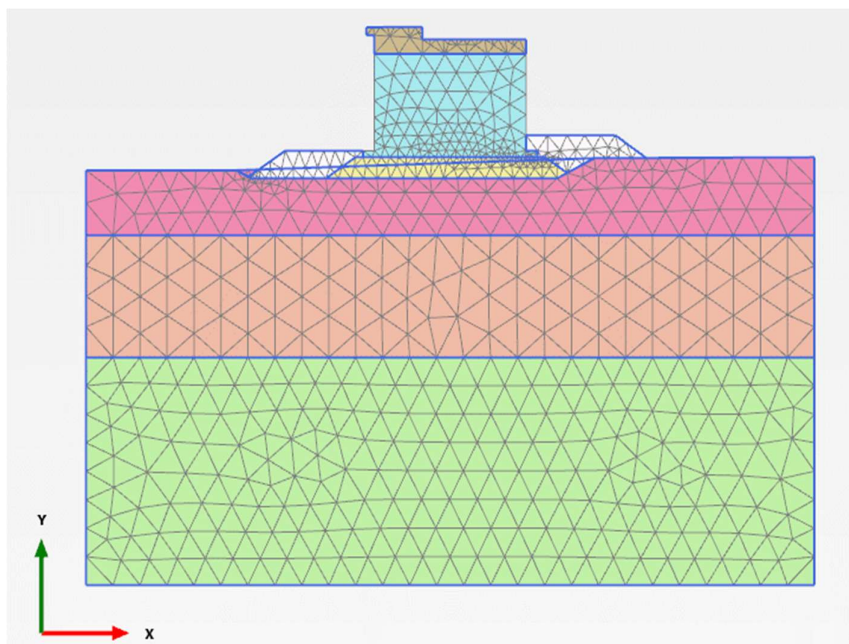


Figura 39 - Discretizzazione in elementi finiti

Le analisi sono state eseguite schematizzando le seguenti fasi esecutive:

Fasi	Descrizione	Calculation type
0	Condizioni litostatiche ante-operam	Ko procedure
1 (reset disp.)	Scavo	plastic
2	Imbasamento di pietrame	plastic
3 (reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	plastic
4	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	plastic
5	Realizzazione della sovrastruttura	plastic
6	Posa delle protezioni al piede LM e LP	plastic
7	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{es1}=40 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	plastic

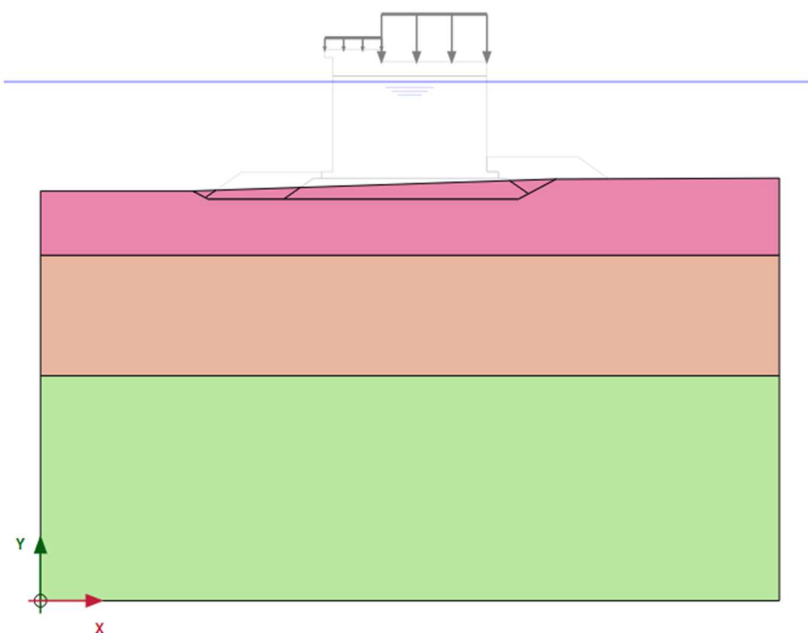
Tabella 37 - Fasi di calcolo

Con la dicitura “reset disp” nella Tabella 37 sono indicate le fasi dove vengono annullati gli spostamenti prima dell’inizio della fase di calcolo selezionata.



L'inizializzazione dello stato tensionale efficace è stata effettuata mediante la procedura  $K_0$ , mediante la quale si attiva la gravità e si procede al calcolo delle tensioni efficaci verticali e delle tensioni orizzontali sulla base dei valori del coefficiente di spinta a riposo assunti. Questa procedura è particolarmente adatta nei casi di strati di terreno sub-orizzontali; in tali casi, l'equilibrio è soddisfatto sistematicamente (risultante sforzi verticali = peso gravitazionale, risultante sforzi orizzontali = reazioni laterali lungo il contorno del modello).

Dalla *Figura 40* alla *Figura 47* vengono illustrate le fasi caratteristiche di calcolo considerate nel programma.



*Figura 40 - Fase 0: Condizioni litostatiche ante-operam*



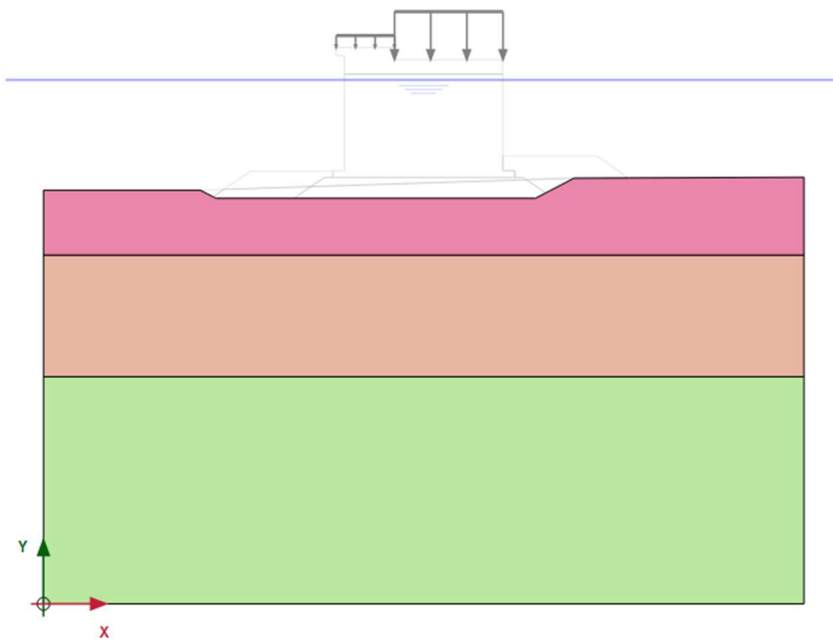


Figura 41 - Fase 1: Scavo

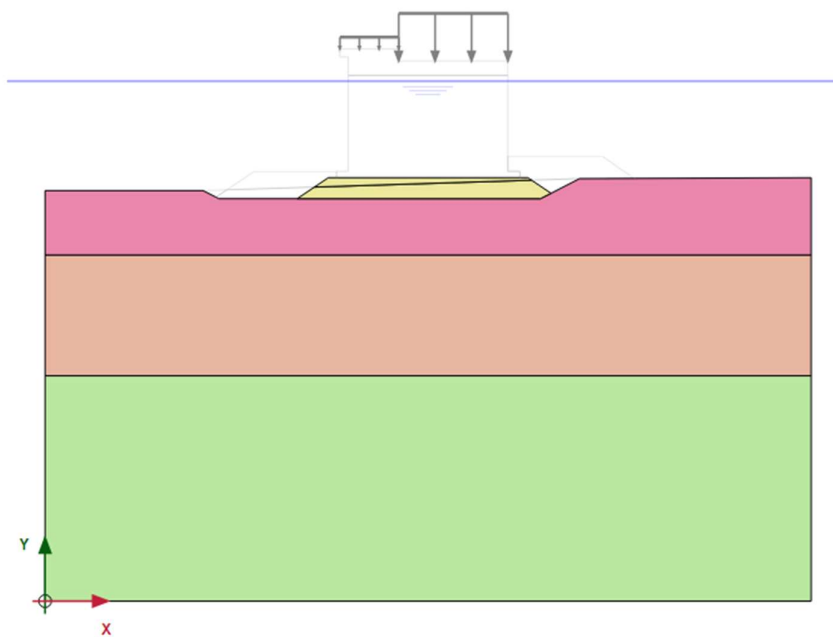


Figura 42 - Fase 2: Imbasamento di pietrame

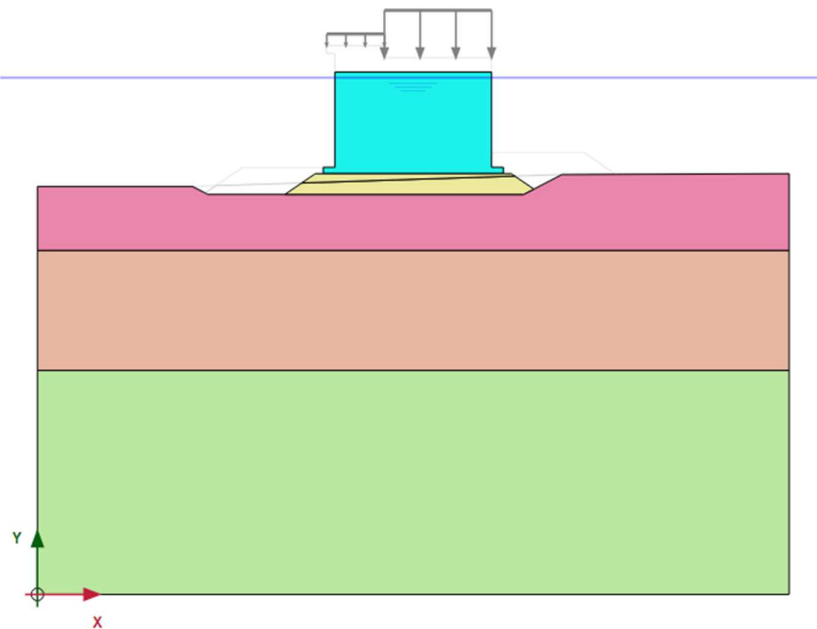


Figura 43 – Fase 3: Posa del cassone riempito con acqua

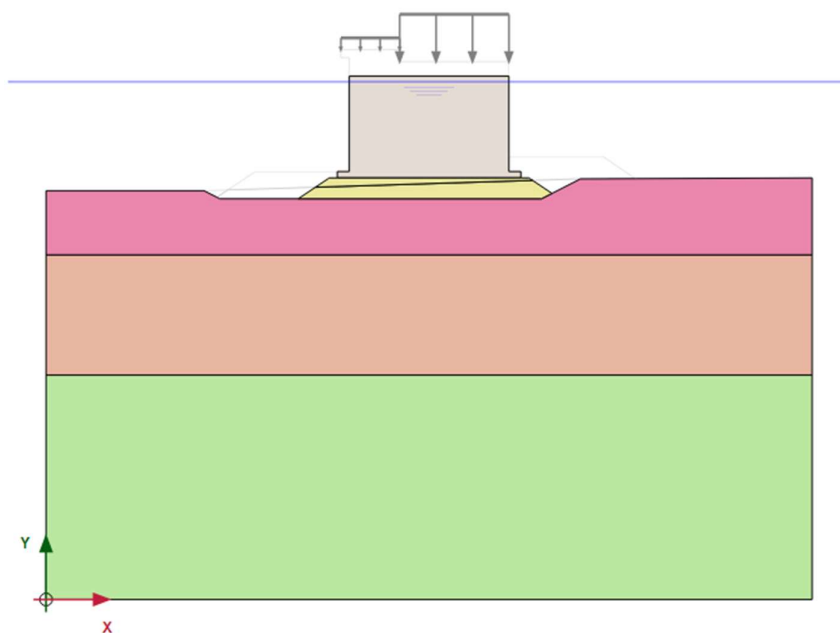


Figura 44 - Fase 4: Riempimento del cassone con il materiale definitivo

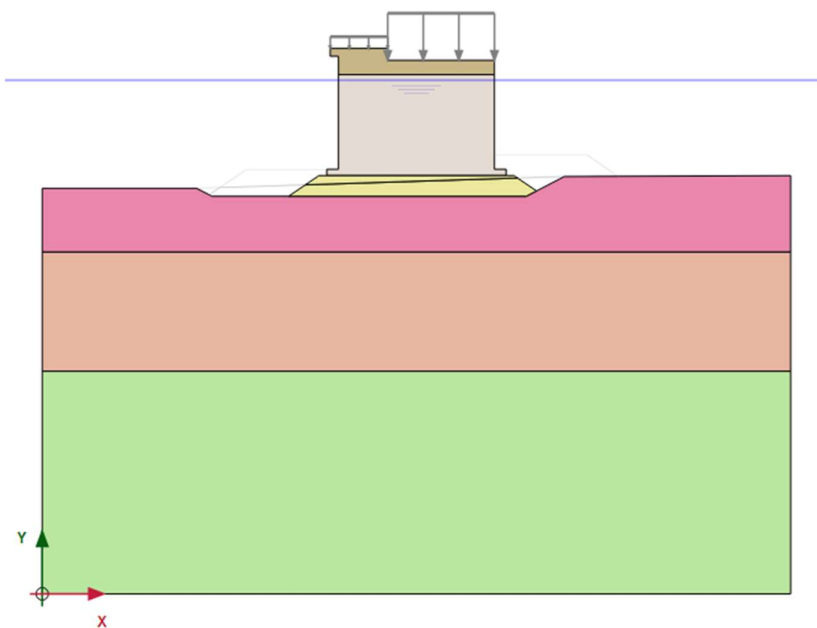


Figura 45 - Fase 5: Realizzazione della sovrastruttura

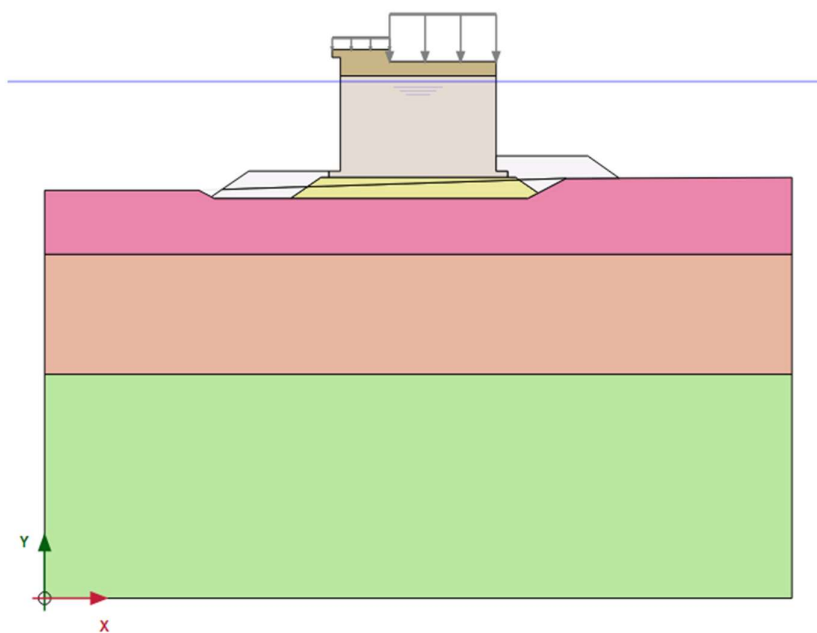


Figura 46 - Fase 6: Posa delle protezioni al piede LM e LP

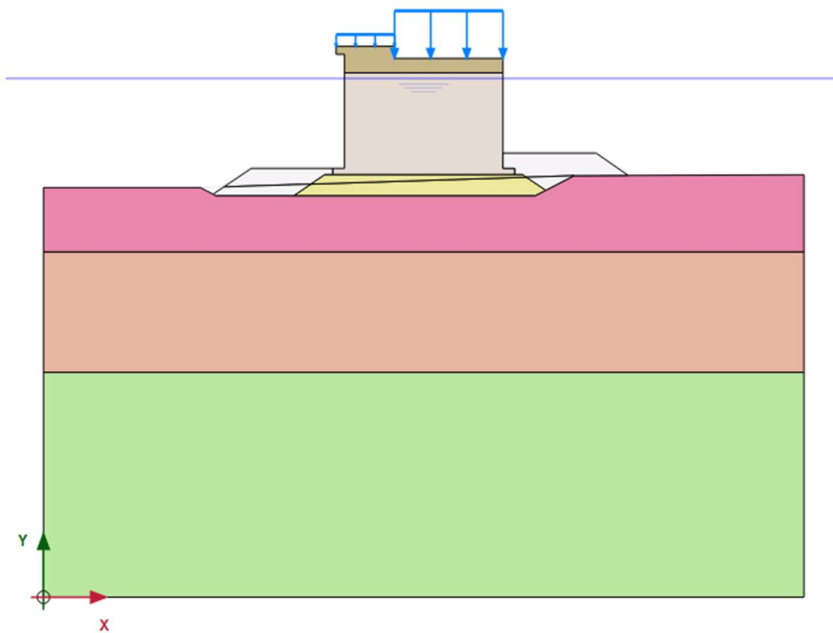


Figura 47 - Fase 7: Applicazione dei carichi in esercizio (evidenziati in blu).

## 7.2.2 Risultati analisi e valutazione dei cedimenti SLE

Al fine di avere un controllo degli spostamenti dell'opera sono stati monitorati diversi punti lungo una verticale. Si riporta in *Figura 48* una fase tipo e i punti della verticale che sono stati monitorati.

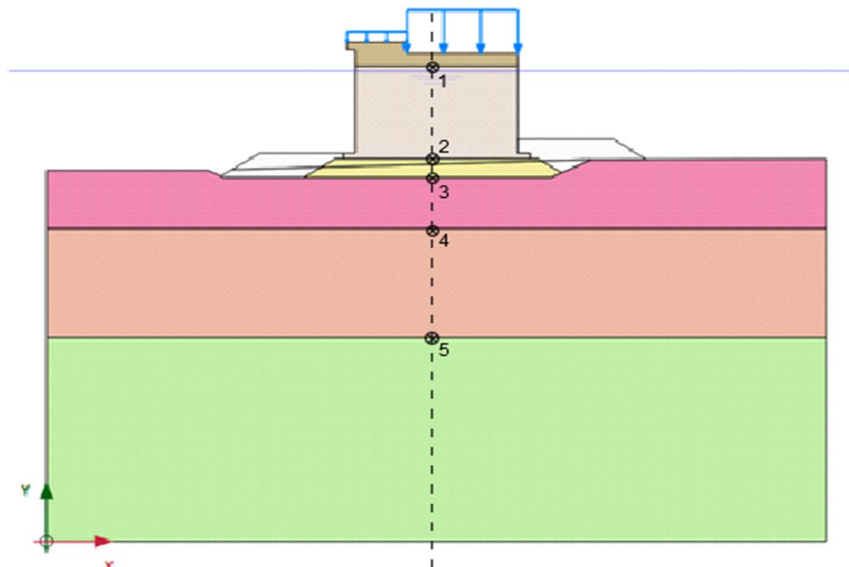


Figura 48 - Verticale e punti monitorati

Nelle successiva tabella sono sintetizzati i valori degli spostamenti verticali ottenuti in corrispondenza delle diverse fasi realizzative per i punti caratteristici della verticale scelta. Per la convenzione dei segni degli spostamenti si indicano con il segno meno quelli diretti verso il basso.

Fasi	Descrizione	$U_y$ [m]				
		Nodo 1 (48,41;67,10)	Nodo 2 (48,57;52,60)	Nodo 3 (48,47;50,00)	Nodo 4 (48,88;43,00)	Nodo 5 (48,88;28,00)
0	Condizioni litostatiche ante-operam	-	-	-	-	-
1 (reset disp.)	Scavo	-	-	0,0232	0,0141	0,0053
2	Imbasamento di pietrame	-	-0,0236	-0,0201	-0,0110	-0,0019
3 (reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	-0,1068	-0,1068	-0,1002	-0,0642	-0,0189
4	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	-0,2310	-0,2310	-0,2190	-0,1458	-0,0474
5	Realizzazione della sovrastruttura	-0,3108	-0,3110	-0,2960	-0,2003	-0,0688
6	Posa delle protezioni al piede LM e LP	-0,3317	-0,3319	-0,3165	-0,2173	-0,0779
7	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{est}=40 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	-0,3711	-0,3712	-0,3545	-0,2453	-0,0880

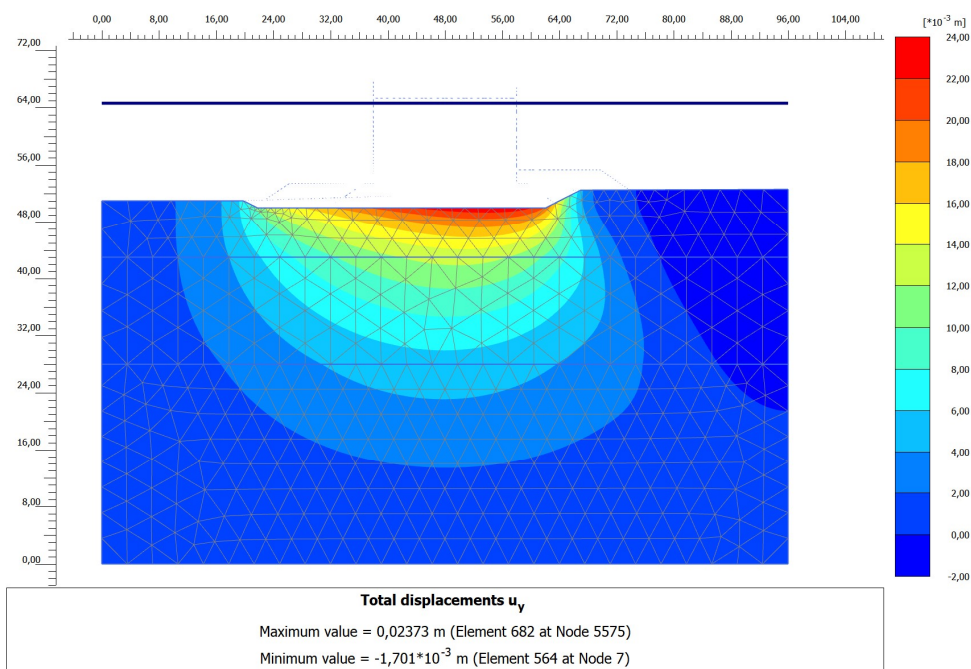
Tabella 38 – Spostamenti verticali per le fasi realizzative



Risulta che la maggior parte dei cedimenti, durante l'esecuzione, si verifica durante la posa ed il riempimento del cassone (circa 10 cm e ulteriori 13 cm). La realizzazione della sovrastruttura comporta un ulteriore cedimento di circa 8 cm. Considerato che i terreni hanno un comportamento drenato, tali cedimenti potranno essere compensati con una preventiva monta dell'imbasamento (circa 20-30 cm) e con la realizzazione della sovrastruttura. L'applicazione dei sovraccarichi di progetto induce poi cedimenti compatibili con la funzionalità dell'opera.

Dalla *Figura 49* alla *Figura 55* vengono riportate le shadings degli spostamenti verticali  $u_y$ .

Dalla *Figura 56* alla *Figura 62* vengono riportate le shadings delle tensioni verticali efficaci.



*Figura 49 - Spostamenti verticali – Fase 1*



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

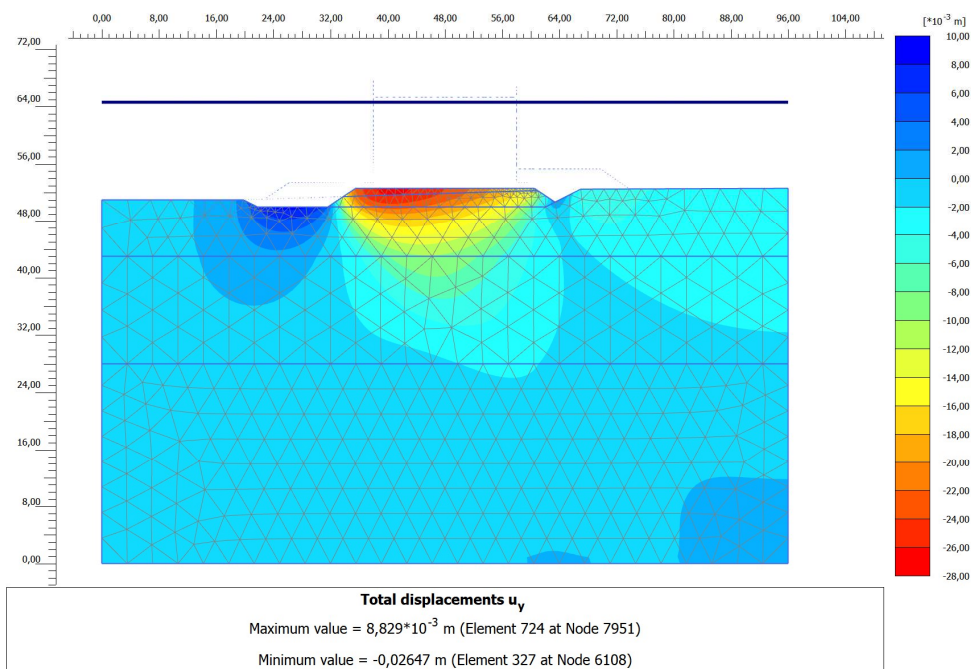


Figura 50 - Spostamenti verticali – Fase 2

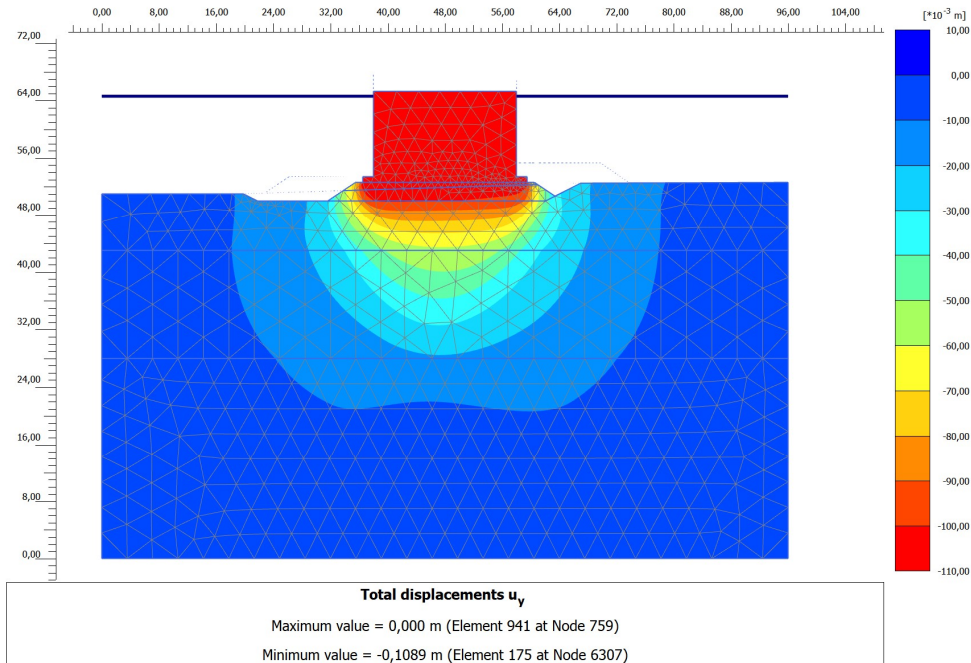


Figura 51 - Spostamenti verticali – Fase 3





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

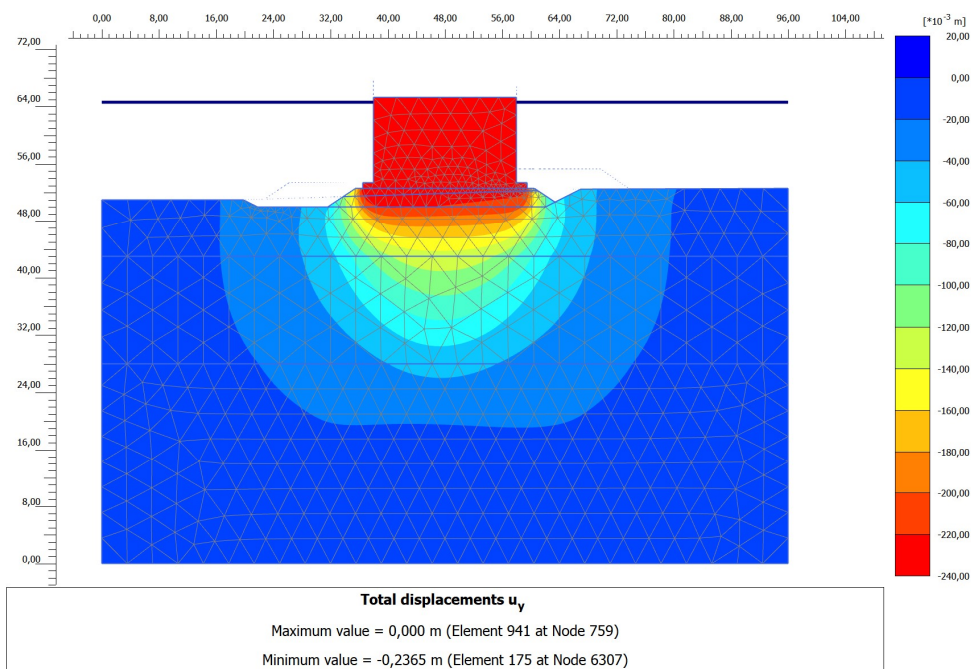


Figura 52 - Spostamenti verticali – Fase 4

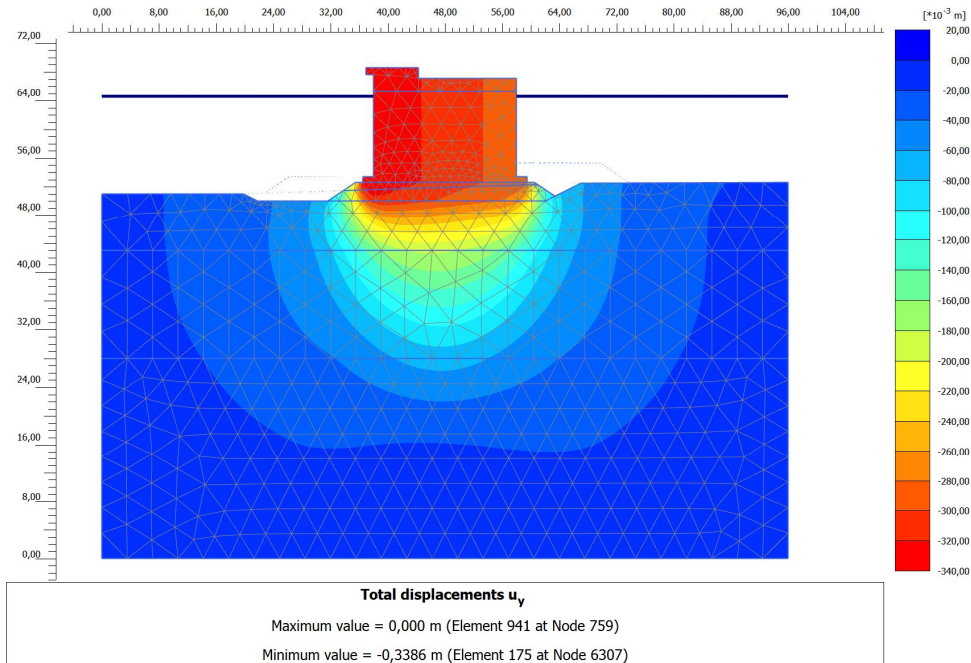


Figura 53 - Spostamenti verticali – Fase 5





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

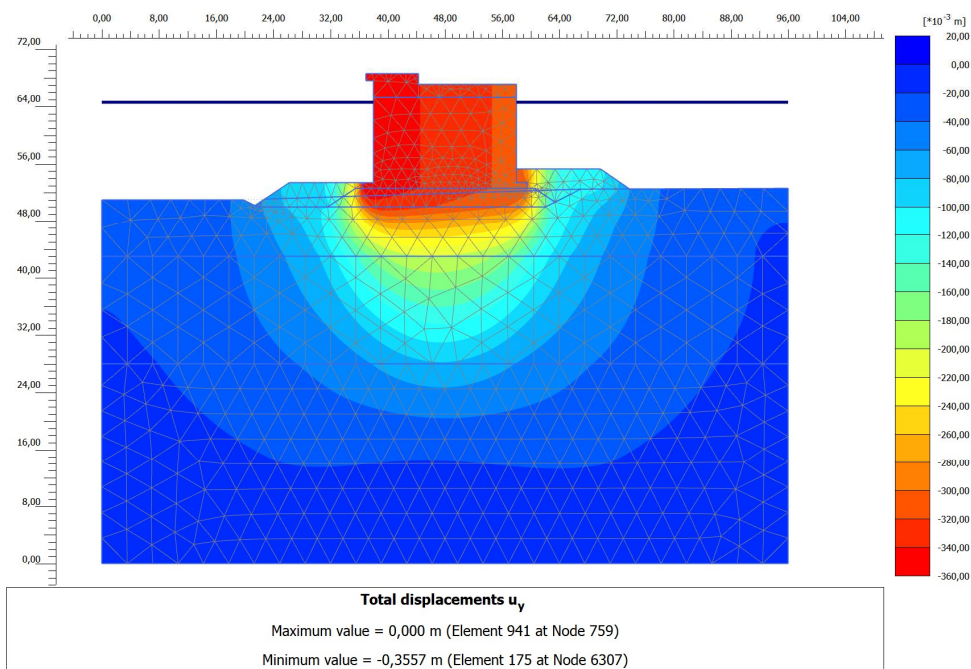


Figura 54 - Spostamenti verticali – Fase 6

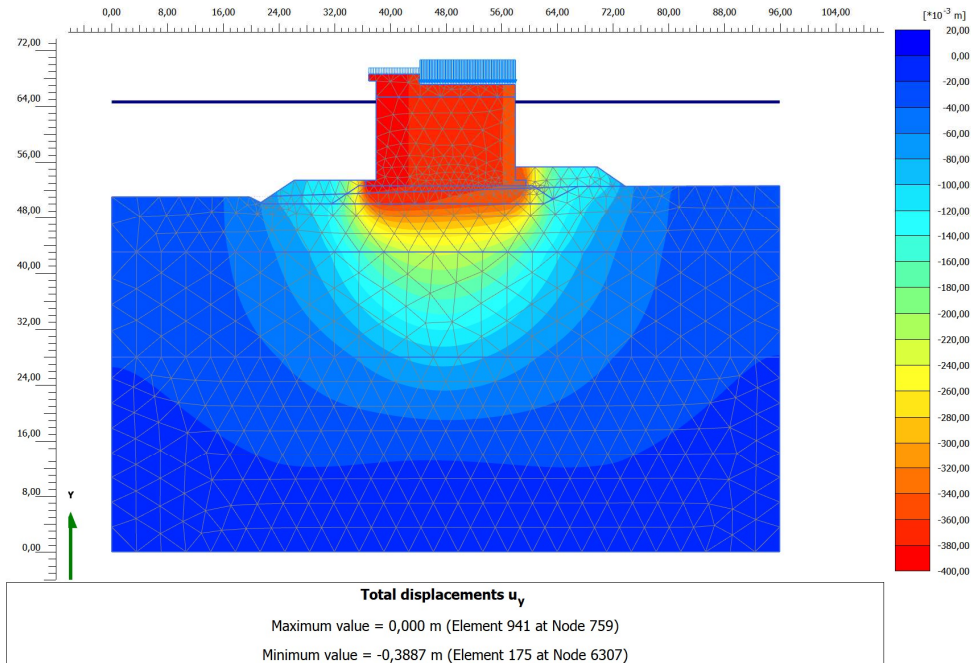


Figura 55 - Spostamenti verticali – Fase 7



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

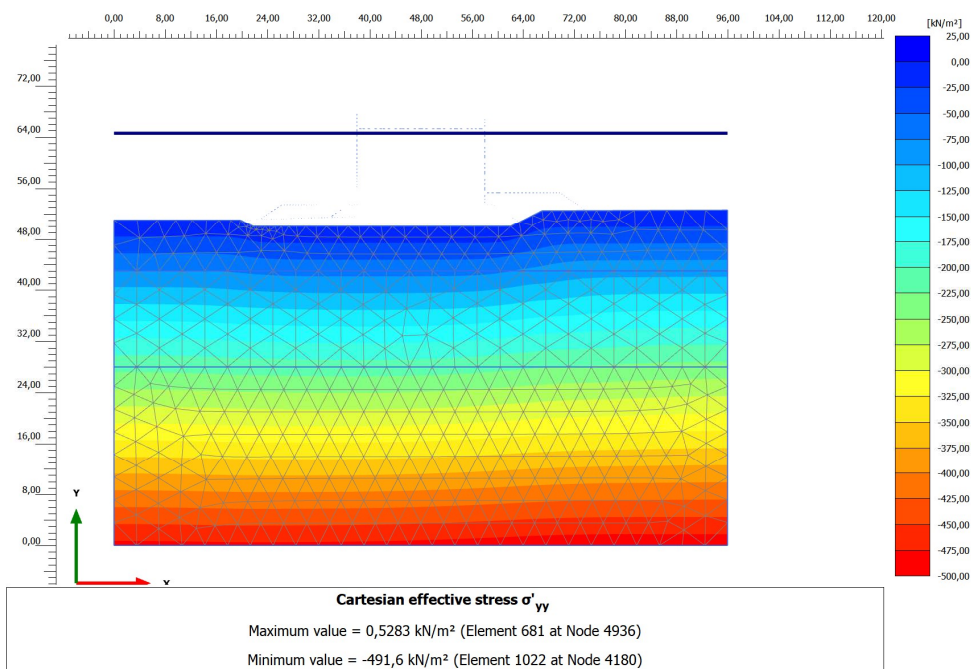


Figura 56 – Tensioni verticali efficaci – Fase 1

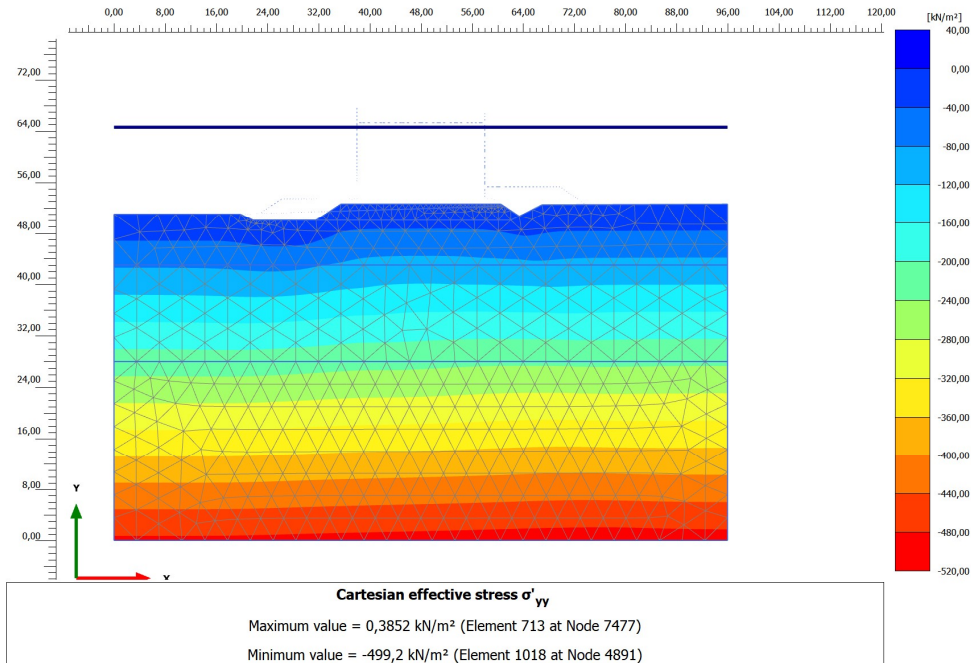


Figura 57 – Tensioni verticali efficaci – Fase 2



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

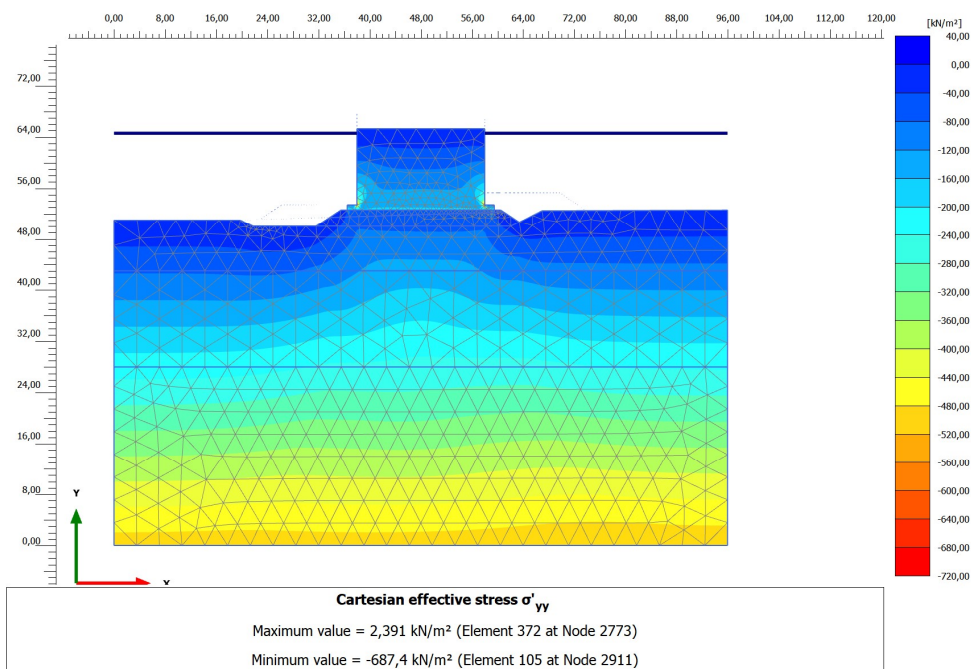


Figura 58 – Tensioni verticali efficaci - Fase 3

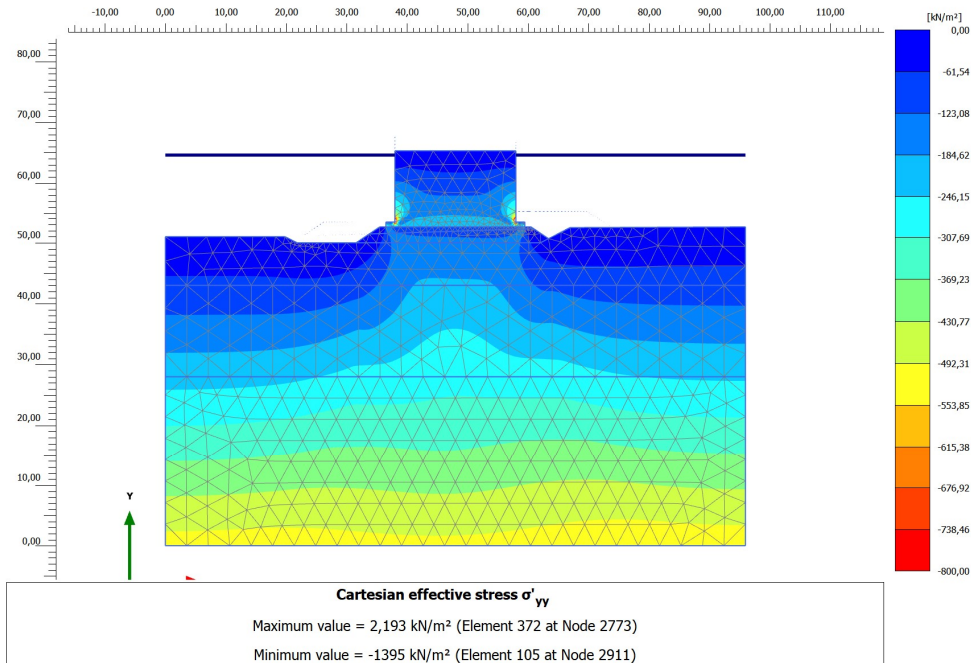


Figura 59 – Tensioni verticali efficaci – Fase 4





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

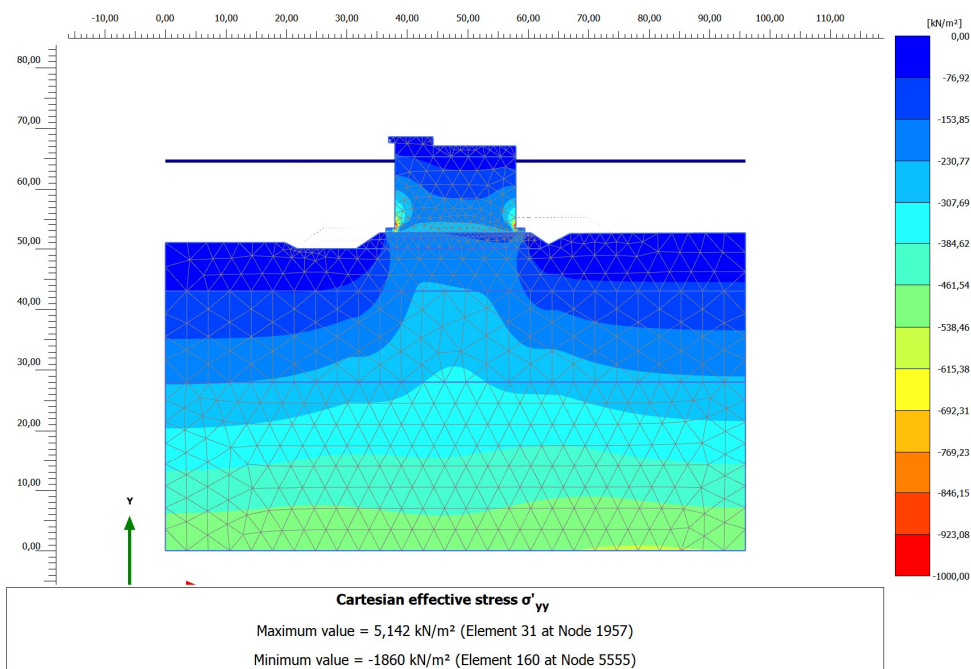


Figura 60 – Tensioni verticali efficaci – Fase 5

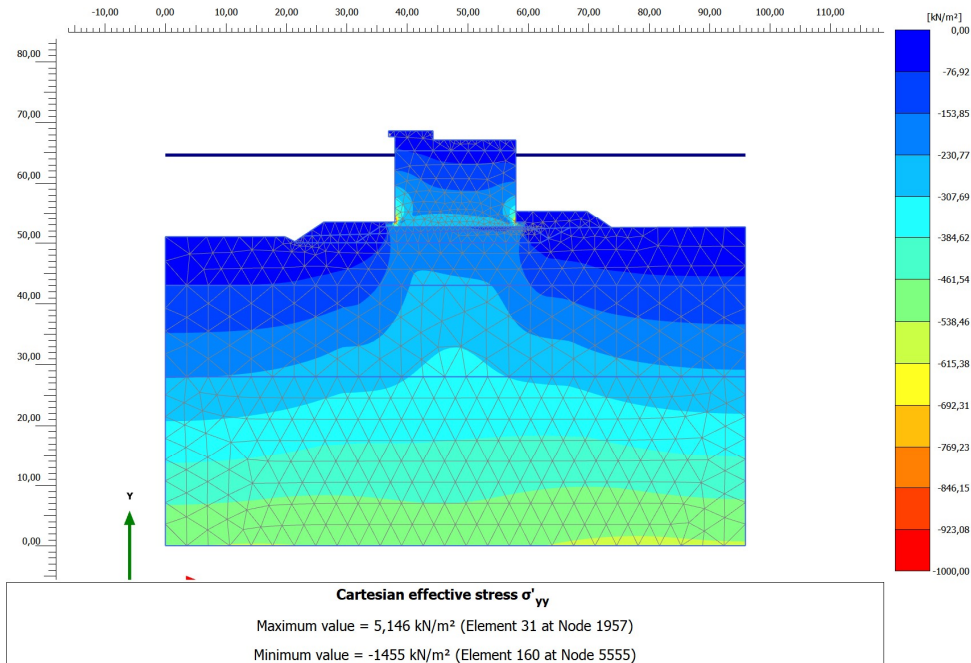


Figura 61 – Tensioni verticali efficaci – Fase 6

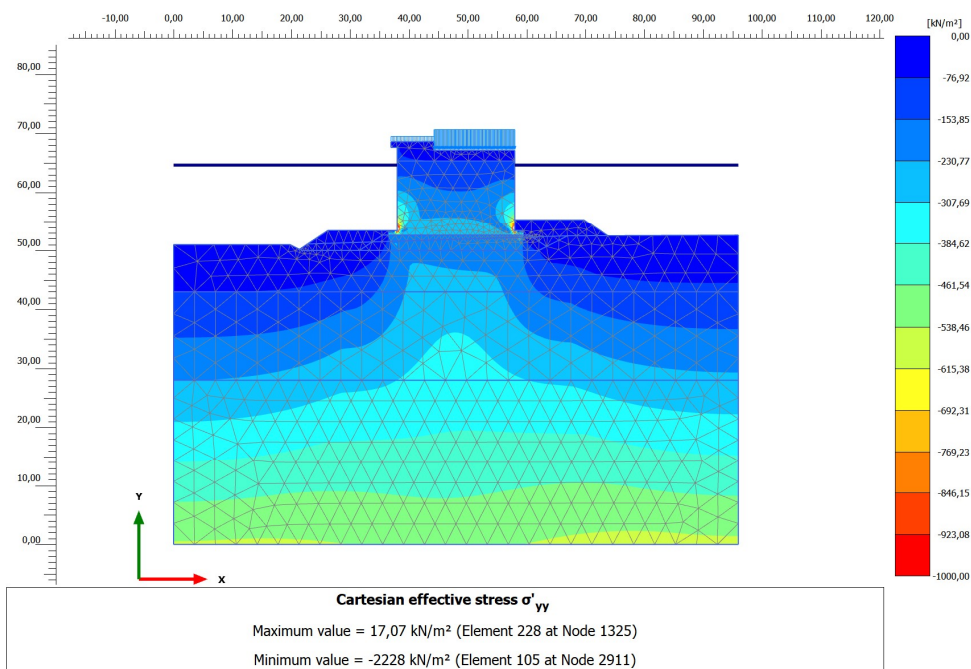


Figura 62 – Tensioni verticali efficaci – Fase 7

### 7.2.3 Conclusioni

Le stime dei cedimenti sono state condotte attraverso un modello agli elementi finiti bidimensionale, schematizzando la successione delle fasi operative e considerando anche, ad opera ultimata, i sovraccarichi di progetto.

Tenuto conto dei limiti della modellazione eseguita (2D) e della cautela del modello geotecnico adottato, i cedimenti assoluti e differenziali in corso d'opera e in esercizio sono ritenuti compatibili con la funzionalità dell'opera in progetto.

Dai risultati ottenuti si prevede una monta di 20-30 cm dello scanno di imbasamento per compensare i cedimenti attesi. Si procederà comunque con il Metodo Osservazionale, monitorando il decorso dei cedimenti durante la costruzione dell'opera.



## 7.3 Analisi agli SLE : DIGA A GETTATA

### 7.3.1 Modello di calcolo e fasi costruttive

Al fine di determinare un modello geotecnico di calcolo compatibile con i terreni in situ ed affidabile dal punto di vista computazionale, è stata effettuata una procedura di taratura del modello in termini di estensione geometrica ed in termini di caratteristiche fisico-meccaniche dedotte dalla campagna d'indagini. Inoltre, il modello contiene al suo interno l'opera da realizzare, in modo tale da determinare quali sono gli spostamenti che la interessano per effettuare le dovute verifiche.

Ai fini della modellazione geotecnica sono state individuate tre unità stratigrafiche aventi le proprietà fisico-meccaniche descritte in *Tabella 39*.

Per quanto concerne i materiali da costruzione si fa riferimento nei calcoli a seguire alle caratteristiche fisico-meccaniche riportate ancora in *Tabella 39*.

Material sets	Material model	Drainage type	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$E_{s0}^{ref}$	$E_{oed}^{ref}$	$E_{ur}^{ref}$	$c'$	$\varphi'$	$\psi$	$E$	$\nu$	spessore
			[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[°]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[m]
SC3	HS	DR	15,00	19,50	18.000,00	18.000,00	54.000,00	0,00	38,00	0,00	-	0,20	80,00
SC2	HS	DR	15,00	19,50	14.000,00	14.000,00	42.000,00	0,00	38,00	0,00	-	0,20	15,00
SC1	HS	DR	15,00	19,50	8.000,00	8.000,00	24.000,00	0,00	35,00	0,00	-	0,30	8,00
Tout-venant	HS	DR	17,50	20,53	30.000,00	30.000,00	90.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	-
Scogli di 1a cat.	HS	DR	17,50	20,53	50.000,00	50.000,00	150.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	-
Scogli di 2a cat.	HS	DR	15,75	19,49	50.000,00	50.000,00	150.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	-
Tetrapodi da 25 t	HS	DR	12,72	17,47	50.000,00	50.000,00	150.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	-
Pietrame	HS	DR	17,50	20,53	30.000,00	30.000,00	90.000,00	0,00	40,00	0,00	-	0,30	-
Cassone (affondato)	LE	NP	9,35	9,35	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-
Cassone (riempito)	LE	NP	19,52	19,52	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-
Sovrastruttura	LE	NP	25,00	25,00	-	-	-	-	-	-	34.620.000,00	0,20	-

*Tabella 39 – Caratteristiche fisico – meccaniche dei materiali*

I terreni di fondazione ed i materiali di costruzione sono stati modellati con il legame costitutivo Hardening Soil (HS), di cui in Appendice si riportano una descrizione e le ipotesi adottate; il comportamento degli stessi è stato considerato drenato (DR), al fine di simulare il rapido drenaggio per l'elevata permeabilità dei terreni.

Le strutture in calcestruzzo (cassone cellulare e sovrastruttura) sono state modellate come materiali con comportamento non poroso (NP), con questa impostazione non vengono considerate né pressioni neutre iniziali né sovrappressioni neutre. I materiali di tali strutture sono stati considerati come omogenei, con l'impiego nei calcoli di valori equivalenti dei pesi per unità di volume. Il peso per unità di volume del cassone cellulare assume valori diversi a seconda della fase costruttiva considerata, ovvero: la posa provvisoria del cassone affondato con acqua all'interno, e la posa definitiva con riempimento di calcestruzzo ed inerti. In *Figura 63* si riporta la sezione trasversale del cassone cellulare oggetto di calcolo.

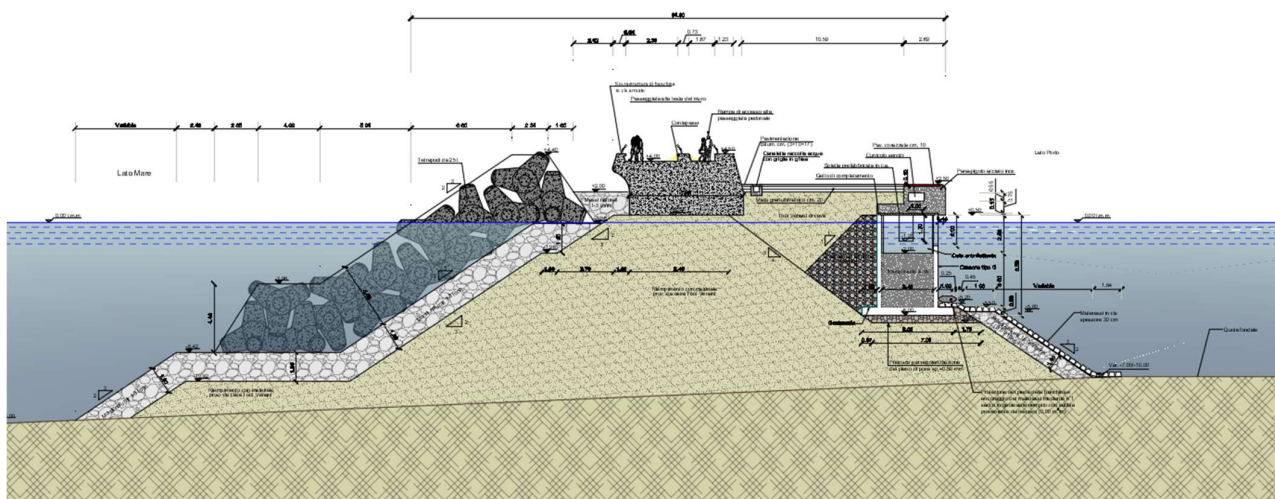


Figura 63 – Sezione trasversale della diga a gettata

Ai fini dell'implementazione nel programma di calcolo, la geometria del modello è stata semplificata rappresentando le dimensioni ritenute ingegneristicamente significative. In si riporta il modello geometrico del sistema geotecnico utilizzato per l'analisi. In *Figura 64* si riporta la discretizzazione del modello con elementi finiti triangolari a 15 nodi.

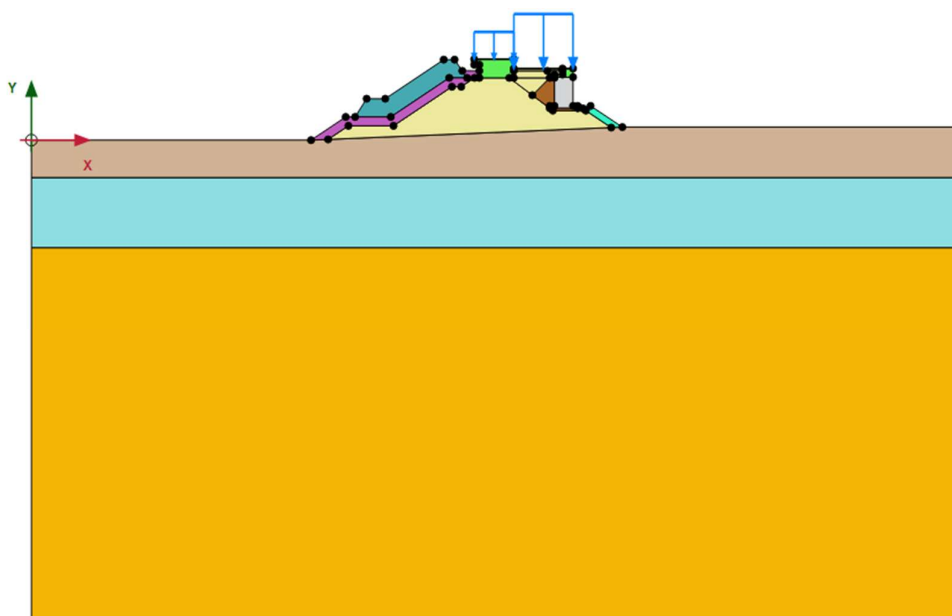


Figura 64 – Modello geometrico



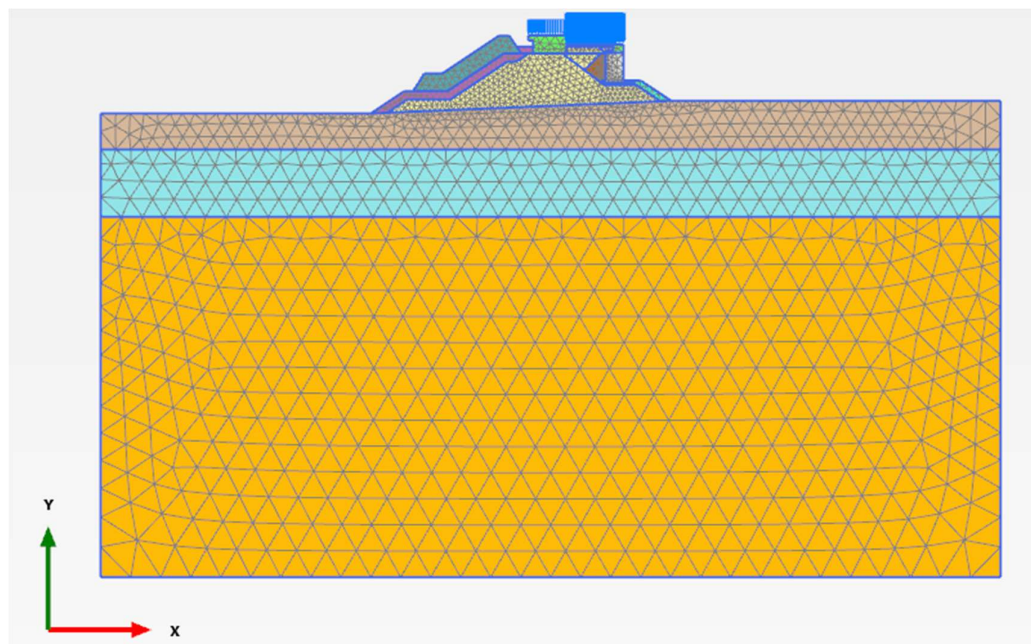


Figura 65 – Discretizzazione in elementi finiti

Le analisi sono state eseguite schematizzando le seguenti fasi esecutive:

Fasi	Descrizione	Calculation type
0	Condizioni litostatiche ante-operam	Ko procedure
1	Gettata in tout-venant	plastic
2	Posa di scogli di 2 cat. LM	plastic
3	Posa di tetrapodi da 25 t LM	plastic
4(reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	plastic
5	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	plastic
6	Rinfianco in pietrame e riempimento in tout venant	plastic
7	Realizzazione della sovrastruttura centrale e posa scogli di 2 cat.	plastic
8	Posa di strato in tout-venant LP	plastic
9	Realizzazione della sovrastruttura LP	plastic
10	Completamento del piazzale	plastic
11	Posa delle protezioni al piede LP	plastic
12	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{es1}=20 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	plastic

Figura 66 – Fasi di calcolo

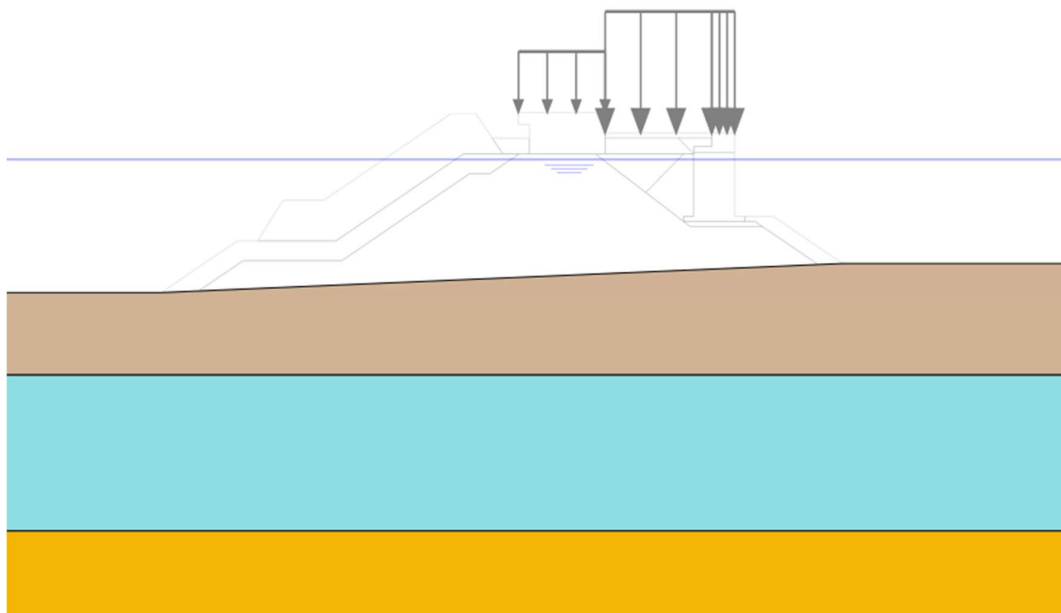




Con la dicitura “reset disp” in *Figura 66* sono indicate le fasi dove vengono annullati gli spostamenti prima dell'inizio della fase di calcolo selezionata.

L'inizializzazione dello stato tensionale efficace è stata effettuata mediante la procedura  $K_0$ , mediante la quale si attiva la gravità e si procede al calcolo delle tensioni efficaci verticali e delle tensioni orizzontali sulla base dei valori del coefficiente di spinta a riposo assunti. Questa procedura è particolarmente adatta nei casi di strati di terreno sub-orizzontali; in tali casi, l'equilibrio è soddisfatto sistematicamente (risultante sforzi verticali = peso gravitazionale, risultante sforzi orizzontali = reazioni laterali lungo il contorno del modello).

Dalla *Figura 67* alla *Figura 79* vengono illustrate le fasi caratteristiche di calcolo considerate nel programma, operando un ingrandimento della finestra di osservazione sull'opera da realizzare per rendere più agevole l'apprezzamento dei vari step esecutivi. .



*Figura 67 – Fase 0: Condizioni litostatiche ante-operam*

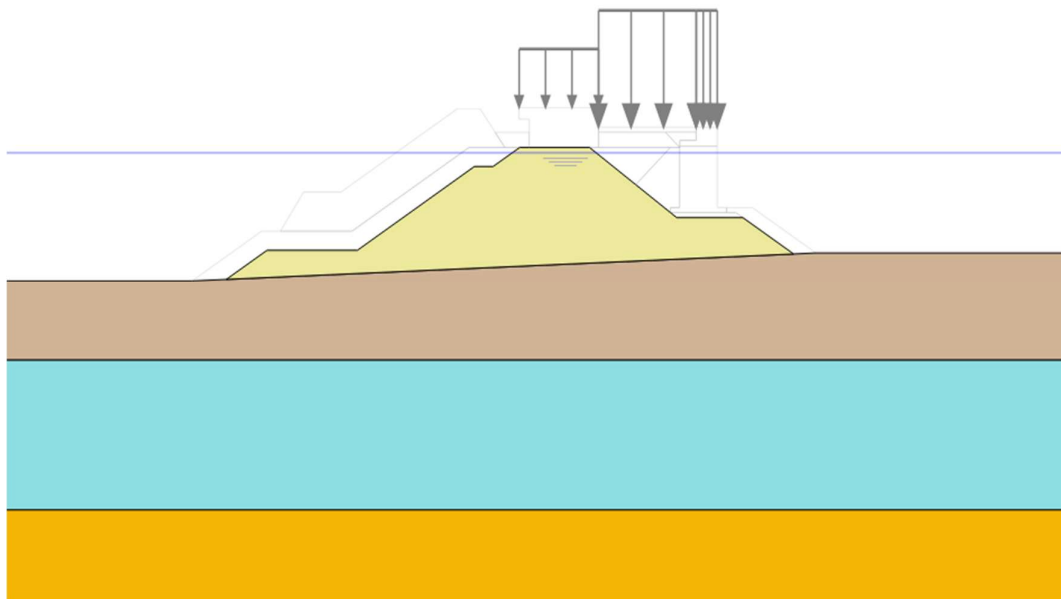


Figura 68 – Fase 1: Gettata in tout-venant

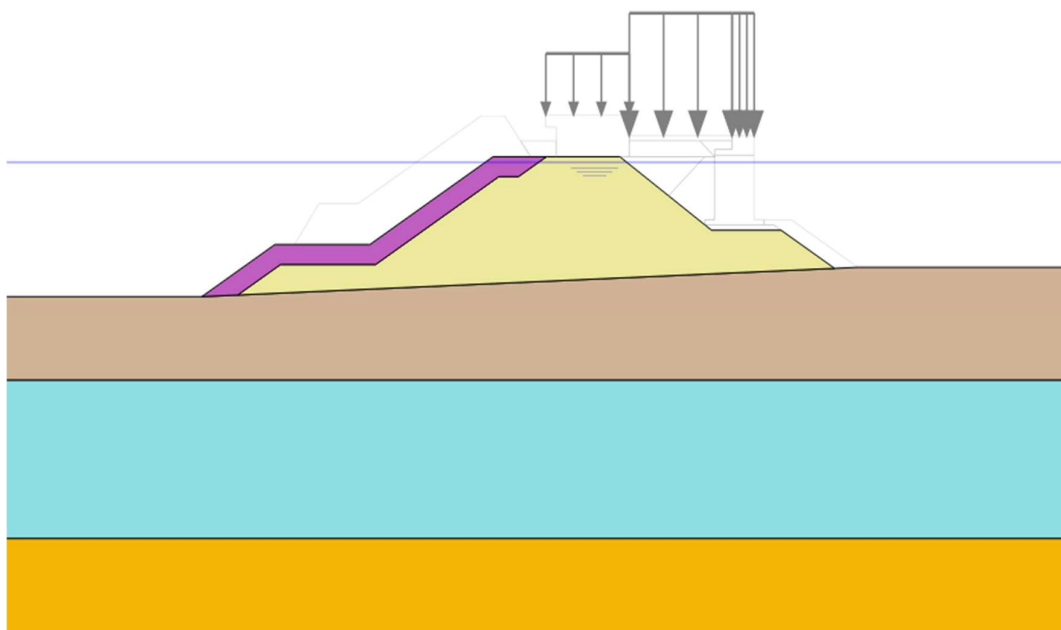


Figura 69 – Fase 2: Posa di scogli di 2 cat. LM

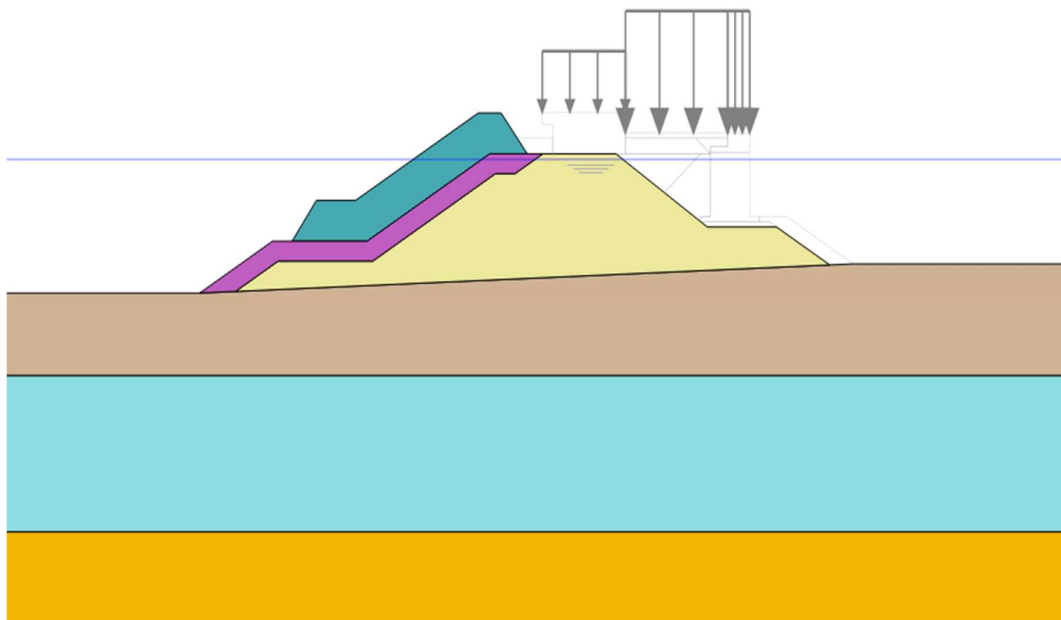


Figura 70 – Fase 3: Posa di tetrapodi da 25 t LM

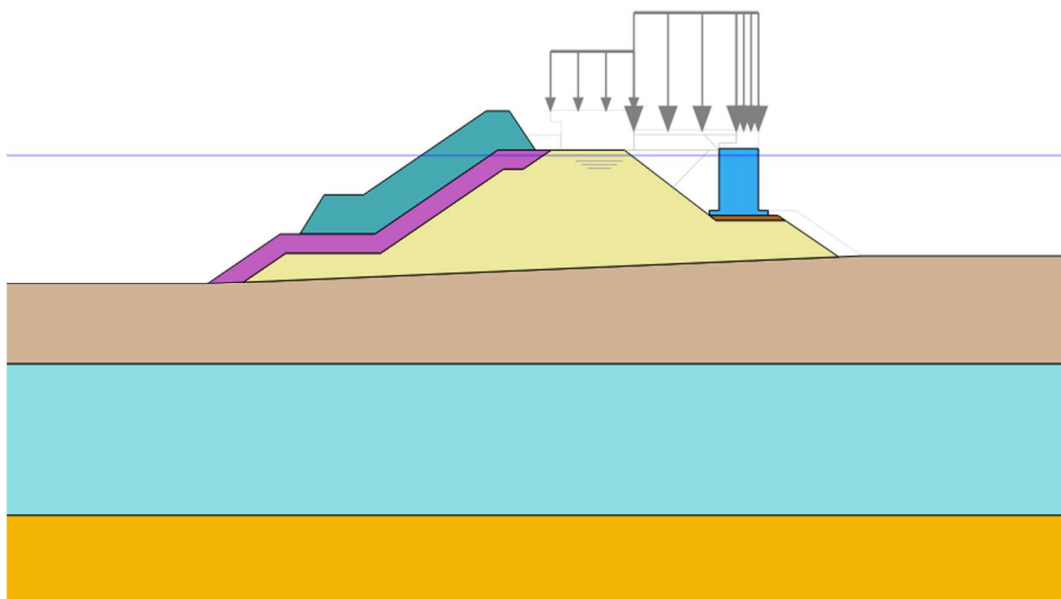


Figura 71 – Fase 4: Posa del cassone riempito con acqua

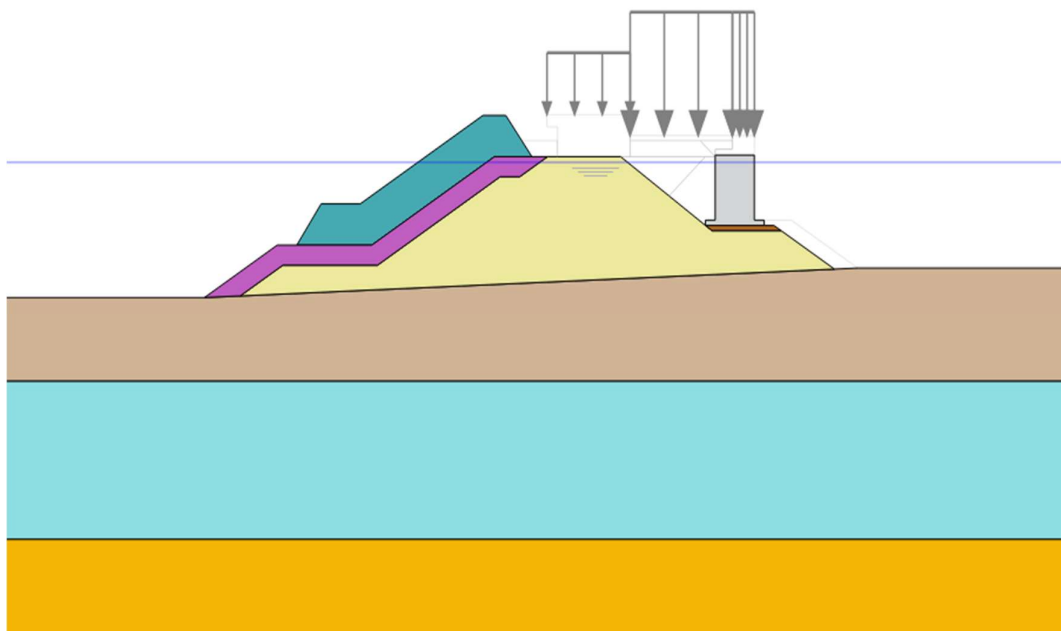


Figura 72 – Fase 5: Posa del cassone con il materiale definitivo

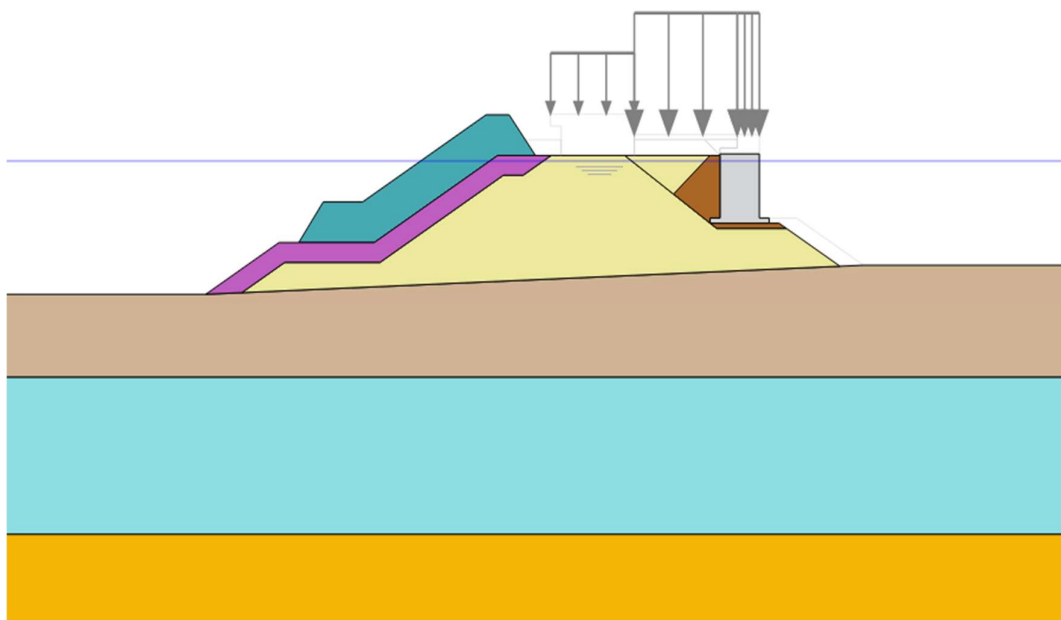


Figura 73 – Fase 6: Rinfilo in pietrame e riempimento in tout-venant

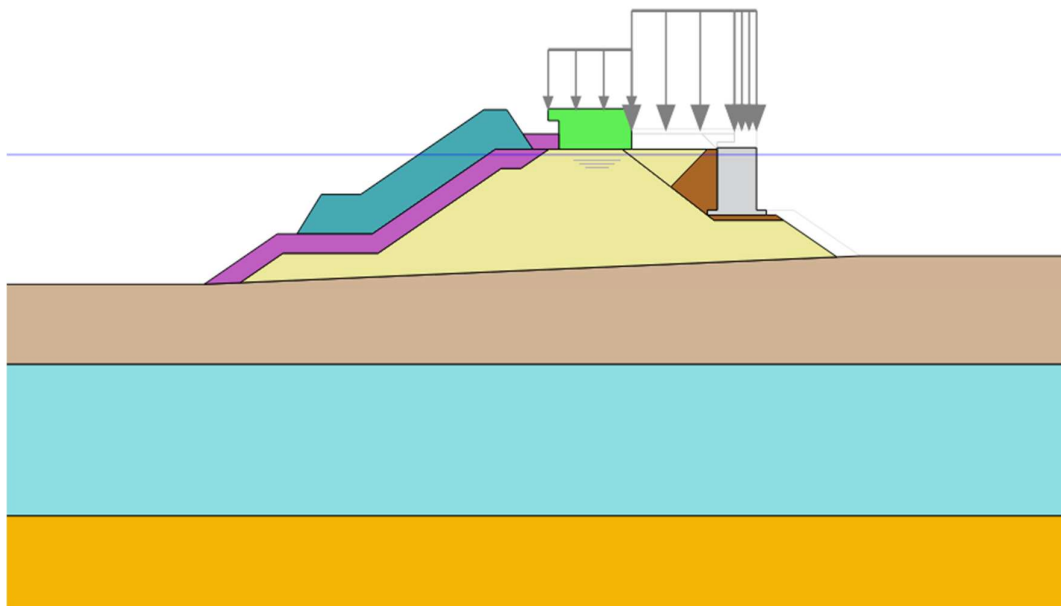


Figura 74 – Fase 7: Realizzazione della sovrastruttura centrale e posa scogli di 2 cat. a ridosso della stessa

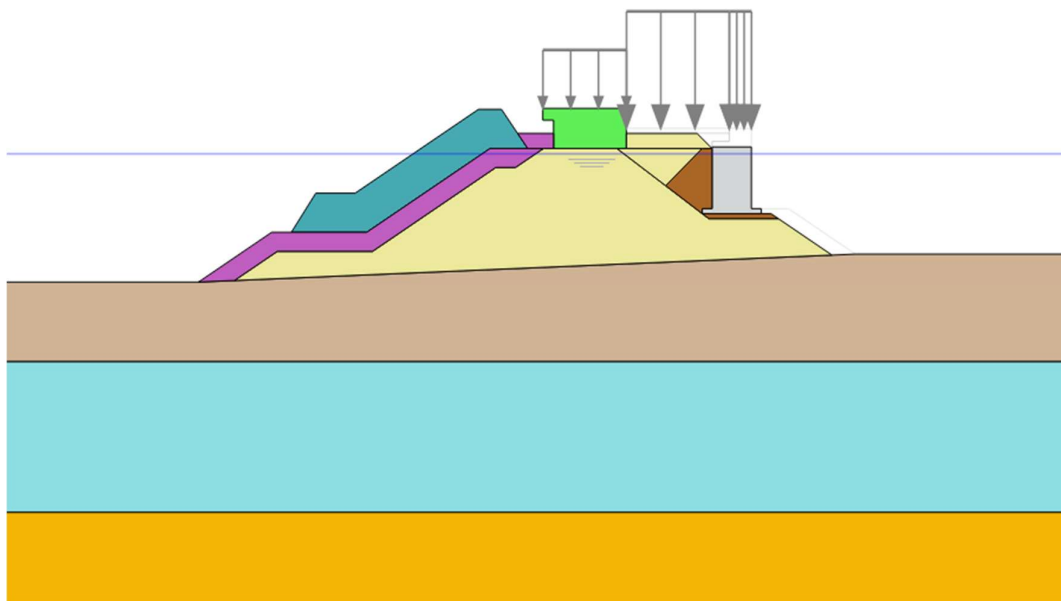


Figura 75 – Fase 8: Posa di strato in tout-venant LP

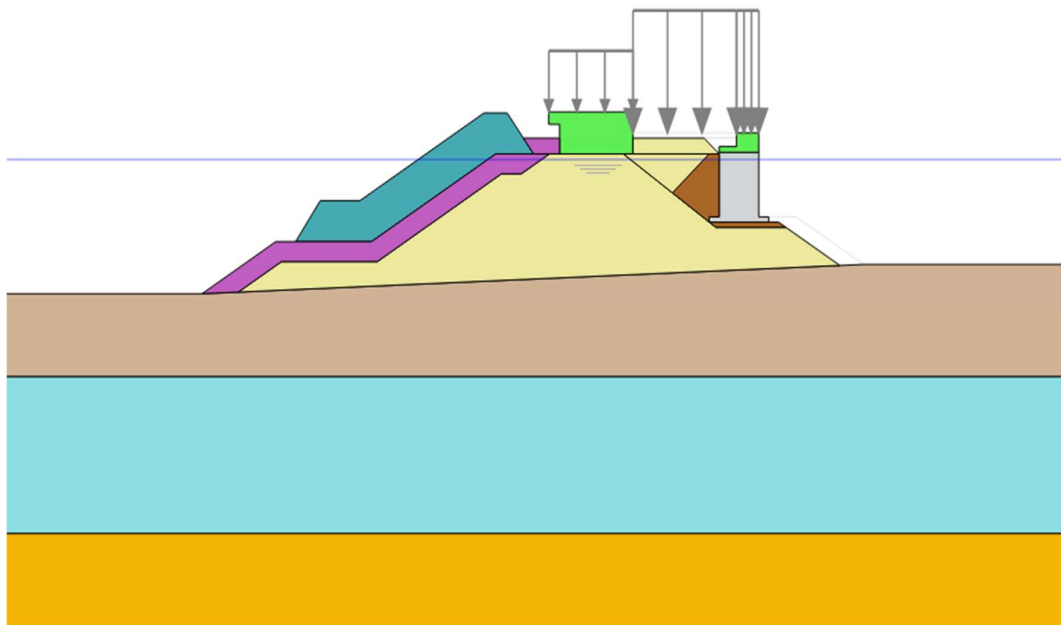


Figura 76 – Fase 9: Realizzazione della sovrastruttura LP

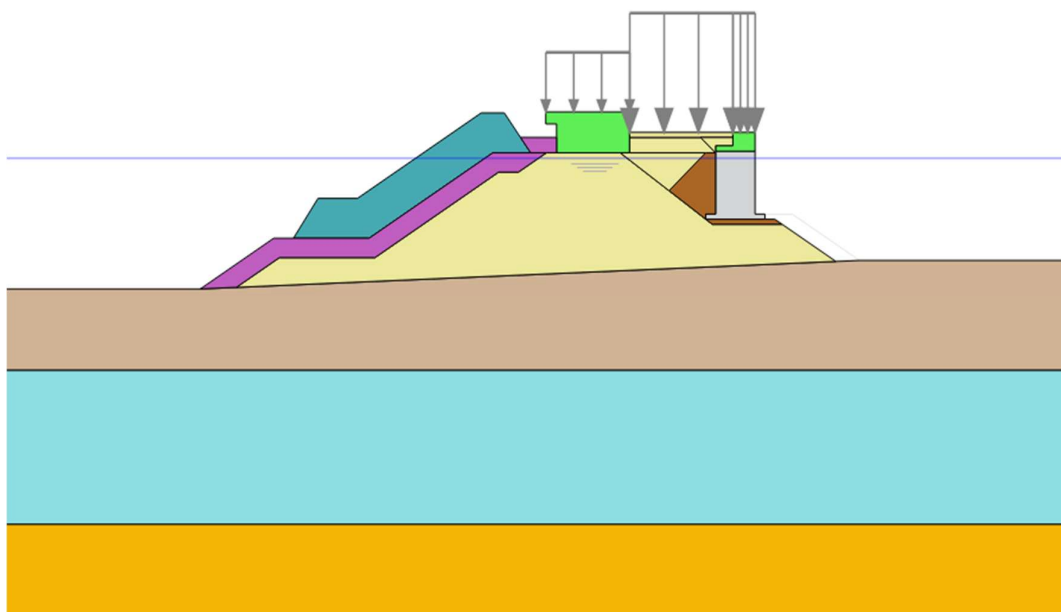


Figura 77 – Fase 10: Completamento del piazzale

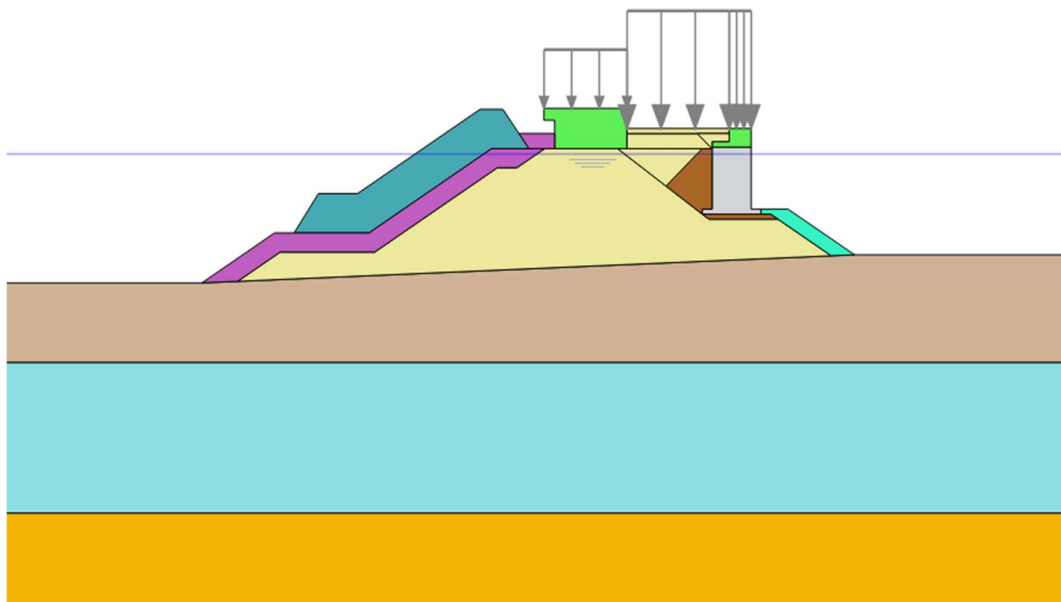


Figura 78– Fase 11: Posa delle protezioni al piede LP

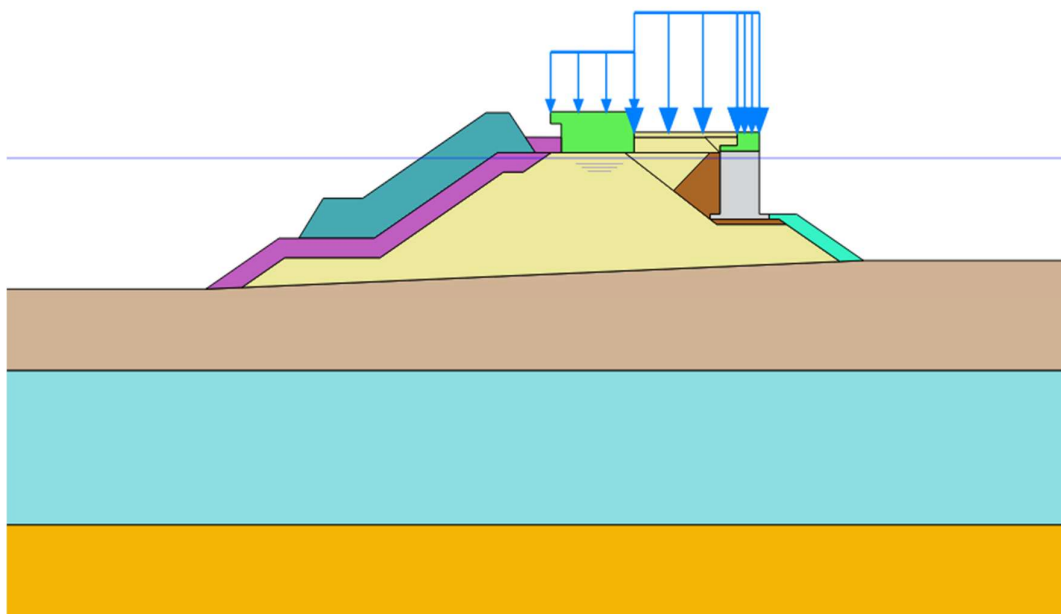
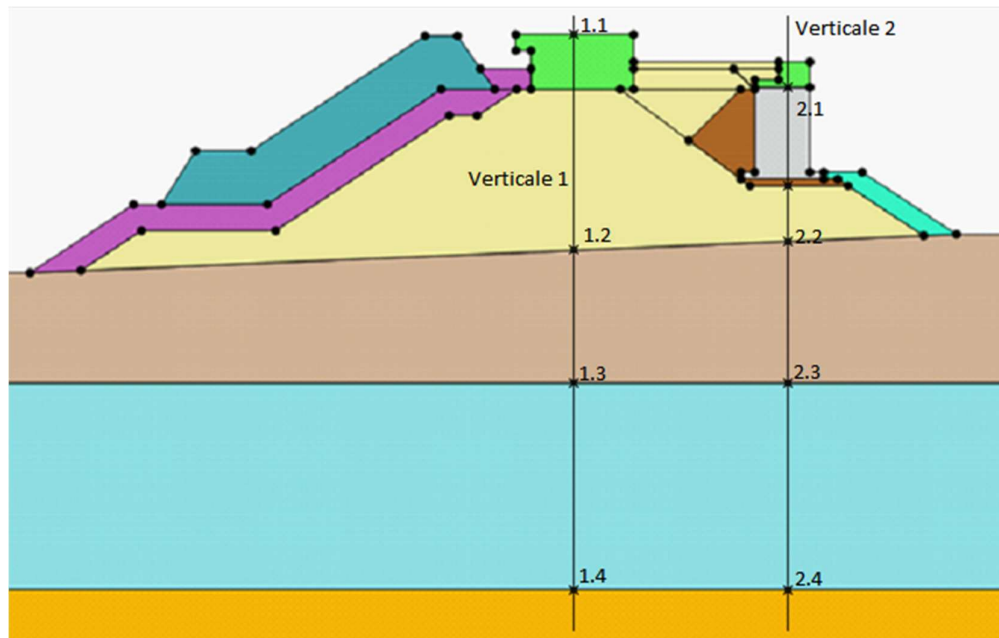


Figura 79 – Fase 12: Applicazione dei carichi in esercizio (evidenziati in blu)

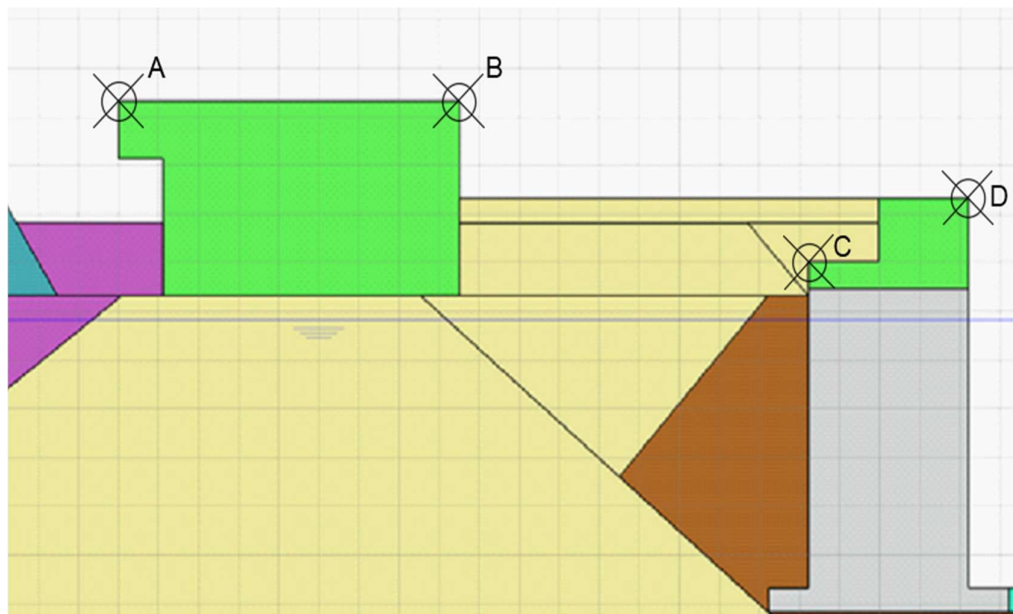
### 7.3.2 Risultati analisi e valutazione dei cedimenti SLE

Al fine di avere un controllo degli spostamenti dell'opera sono stati monitorati diversi punti lungo due verticali. Si riporta in *Figura 80* una fase tipo e i punti delle verticali che sono stati monitorati.



*Figura 80- Verticali e punti monitorati*

Inoltre, sono stati monitorati i punti A-B e C-D delle sovrastrutture per poter apprezzare eventuali eccentricità; tali punti vengono illustrati in *Figura 81*.



*Figura 81 – Punti A-B e C-D monitorati*





Nelle successive tabelle sono sintetizzati i valori degli spostamenti verticali ottenuti in corrispondenza delle diverse fasi realizzative per i punti caratteristici scelti. Per la convenzione dei segni degli spostamenti si indicano con il segno meno quelli diretti verso il basso.

Fasi	Descrizione	U <sub>y</sub> [m]			
		Nodo 1.1 (99,36;17,32)	Nodo 1.2 (99,32;1,64)	Nodo 1.3 (99,17; -8,00)	Nodo 1.4 (100; -23,00)
0	Condizioni litostatiche ante-operam	-	-	-	-
1	Gettata in tout-venant	-	-0,3304	-0,1701	-0,0891
2	Posa di scogli di 2 cat. LM	-	-0,3533	-0,1881	-0,1027
3	Posa di tetrapodi da 25 t LM	-	-0,3932	-0,2164	-0,1220
4(reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	-	-0,0015	-0,0012	-0,0009
5	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	-	-0,0143	-0,0121	-0,0092
6	Rinfilo in pietrame e riempimento in tout venant	-	-0,0378	-0,0287	-0,0209
7	Realizzazione della sovrastruttura centrale e posa scogli di 2 cat.	-0,1640	-0,1073	-0,0645	-0,0422
8	Posa di strato in tout-venant LP	-0,1866	-0,1239	-0,0741	-0,0475
9	Realizzazione della sovrastruttura LP	-0,1954	-0,1309	-0,0797	-0,0516
10	Completamento del piazzale	-0,2067	-0,1395	-0,0861	-0,0562
11	Posa delle protezioni al piede LP	-0,2115	-0,1429	-0,0893	-0,0589
12	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{es1}=20 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	-0,2403	-0,1641	-0,1019	-0,0673

Tabella 40 – Spostamenti verticali per le fasi realizzative lungo la verticale 1



Fasi	Descrizione	U <sub>y</sub> [m]			
		Nodo 2.1 (114,8;13,47)	Nodo 2.2 (114,7;2,28)	Nodo 2.3 (115; -8,00)	Nodo 2.4 (115,00;-23,00)
0	Condizioni litostatiche ante-operam	-	-	-	-
1	Gettata in tout-venant	-	-0,2023	-0,1170	-0,0677
2	Posa di scogli di 2 cat. LM	-	-0,2117	-0,1209	-0,0757
3	Posa di tetrapodi da 25 t LM	-	-0,2265	-0,1355	-0,0881
4(reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	-0,0052	-0,0041	-0,0017	-0,0009
5	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	-0,0554	-0,0455	-0,0175	-0,0062
6	Rinfianco in pietrame e riempimento in tout venant	-0,1054	-0,0896	-0,0362	-0,0146
7	Realizzazione della sovrastruttura centrale e posa scogli di 2 cat.	-0,1614	-0,1440	-0,0680	-0,0305
8	Posa di strato in tout-venant LP	-0,1826	-0,1637	-0,0775	-0,0353
9	Realizzazione della sovrastruttura LP	-0,2019	-0,1810	-0,0854	-0,0391
10	Completamento del piazzale	-0,2227	-0,1995	-0,0937	-0,0428
11	Posa delle protezioni al piede LP	-0,2319	-0,2080	-0,0997	-0,0467
12	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{es1}=20 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	-0,2617	-0,2350	-0,1146	-0,0553

Tabella 41 – Spostamenti verticali per le fasi realizzative lungo la verticale 2



Fasi	Descrizione	U <sub>y</sub> [m]			
		Nodo A (95,01;17,32)	Nodo B (103,50;17,32)	Nodo C (112,20;14,02)	Nodo D (116,20;15,32)
0	Condizioni litostatiche ante-operam	-	-	-	-
1	Gettata in tout-venant	-	-	-	-
2	Posa di scogli di 2 cat. LM	-	-	-	-
3	Posa di tetrapodi da 25 t LM	-	-	-	-
4(reset disp.)	Posa del cassone riempito con acqua	-	-	-	-
5	Riempimento del cassone con il materiale definitivo	-	-	-	-
6	Rinfianco in pietrame e riempimento in tout venant	-	-	-	-
7	Realizzazione della sovrastruttura centrale e posa scogli di 2 cat.	-0,1410	-0,1811	-	-
8	Posa di strato in tout-venant LP	-0,1598	-0,2074	-	-
9	Realizzazione della sovrastruttura LP	-0,1673	-0,2173	-0,1960	-0,2050
10	Completamento del piazzale	-0,1771	-0,2303	-0,2143	-0,2271
11	Posa delle protezioni al piede LP	-0,1812	-0,2356	-0,2218	-0,2373
12	Applicazione dei carichi di esercizio $Q_{es1}=20 \text{ kN/m}^2$ , $Q_{es2}=10 \text{ kN/m}^2$	-0,2071	-0,2671	-0,2514	-0,2672

*Tabella 42 – Spostamenti verticali nei punti A-B e C-D*

Risulta che la maggior parte dei cedimenti subiti dal cassone si manifesta durante l'esecuzione dell'opera (circa 25 cm, dalla posa del cassone alla posa delle protezioni al piede LP). Considerato che i terreni hanno un comportamento drenato, tali cedimenti potranno essere compensati con una preventiva monta dell'imbasamento (circa 20-30 cm) e con la realizzazione della sovrastruttura. L'applicazione dei sovraccarichi di progetto induce poi cedimenti compatibili con la funzionalità dell'opera. Il cedimento differenziale tra i punti estremi della sovrastruttura centrale, ottenuto nella fase 7 (circa pari a 6 cm, vedi Tabella 42), fa riferimento all'applicazione di un carico istantaneo pari al peso della sovrastruttura stessa; in realtà, i cedimenti si manifestano immediatamente durante la costruzione della struttura caratterizzandone un assestamento. Alla luce di tali considerazioni, si sarebbero potuti annullare i cedimenti anche nella fase 7 con la procedura "reset displacement". Quindi, nella fase 12, il cedimento differenziale da tenere in considerazione sarebbe di circa 2 cm; tuttavia, tenuto conto dei limiti della modellazione eseguita (2D) e della cautela del modello geotecnico adottato, si ritiene che l'entità di tale cedimento risulti significativamente inferiore.

Si è ritenuto opportuno rappresentare una porzione del dominio per agevolare la lettura delle figure, avendo tenuto conto che sono state apprezzate variazioni degli sforzi efficaci inferiori al 10% al di fuori del contorno che la delimita. In *Figura 82* e in *Figura 83*, rispettivamente, sono riportati l'intero dominio di cui si è tenuto conto nell'analisi, e la porzione considerata nelle figure successive (con riferimento alla fase 12).



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

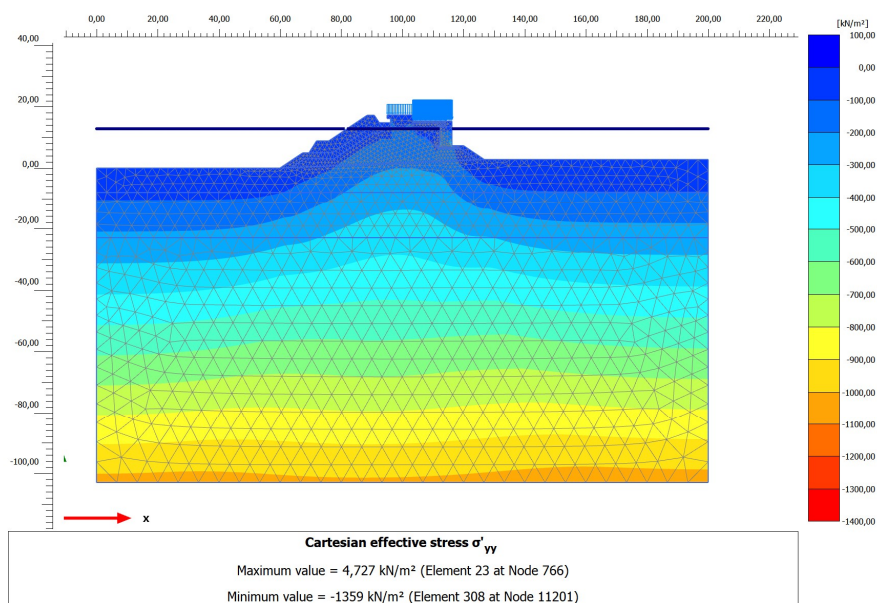


Figura 82 – Dominio di calcolo

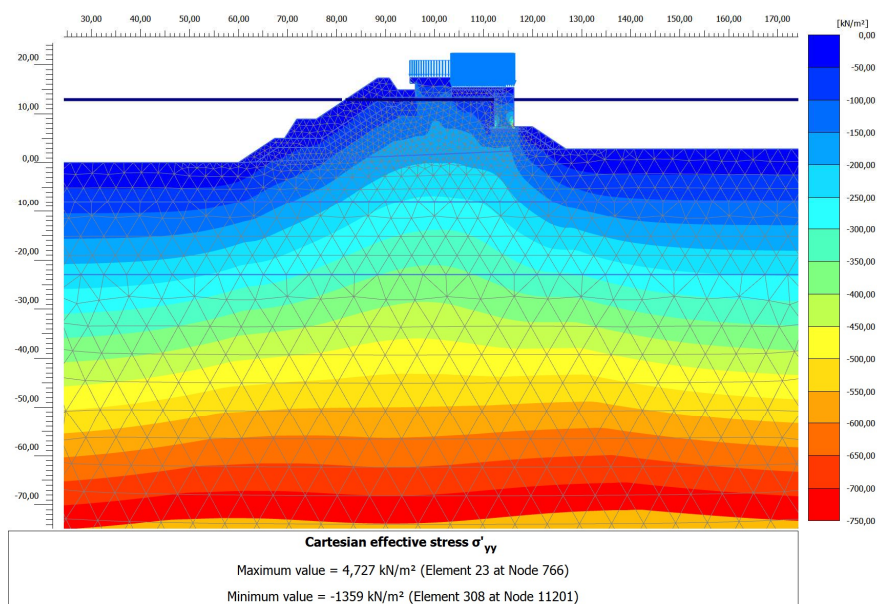


Figura 83 – Porzione del dominio considerato

Dalla Figura 84 alla Figura 95 vengono riportate le shadings degli spostamenti verticali  $u_y$ .

Dalla Figura 96 alla Figura 107 vengono riportate le shadings delle tensioni verticali efficaci.



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

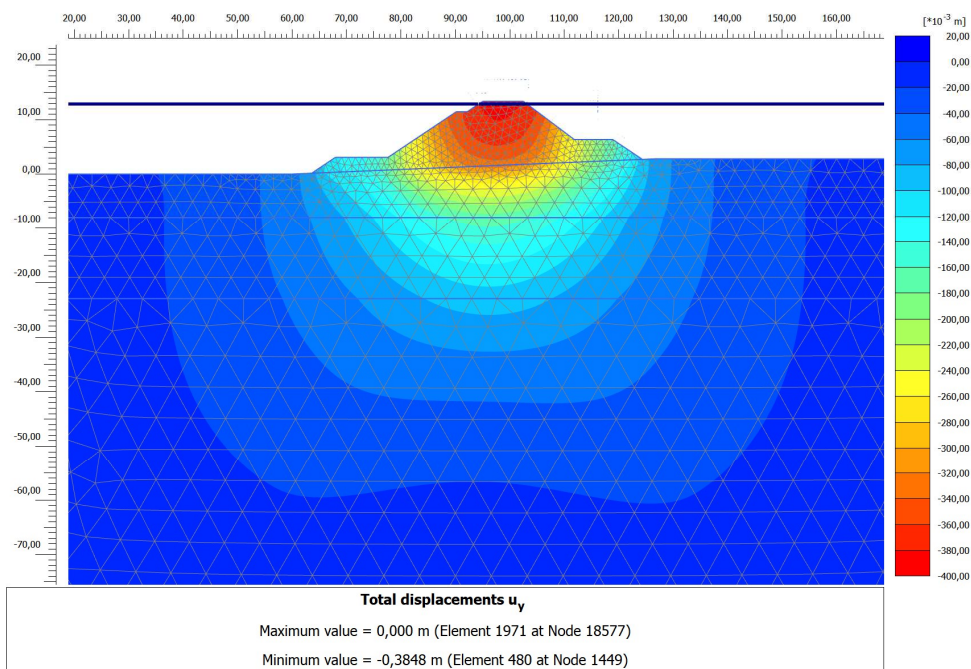


Figura 84 – Spostamenti verticali - Fase 1

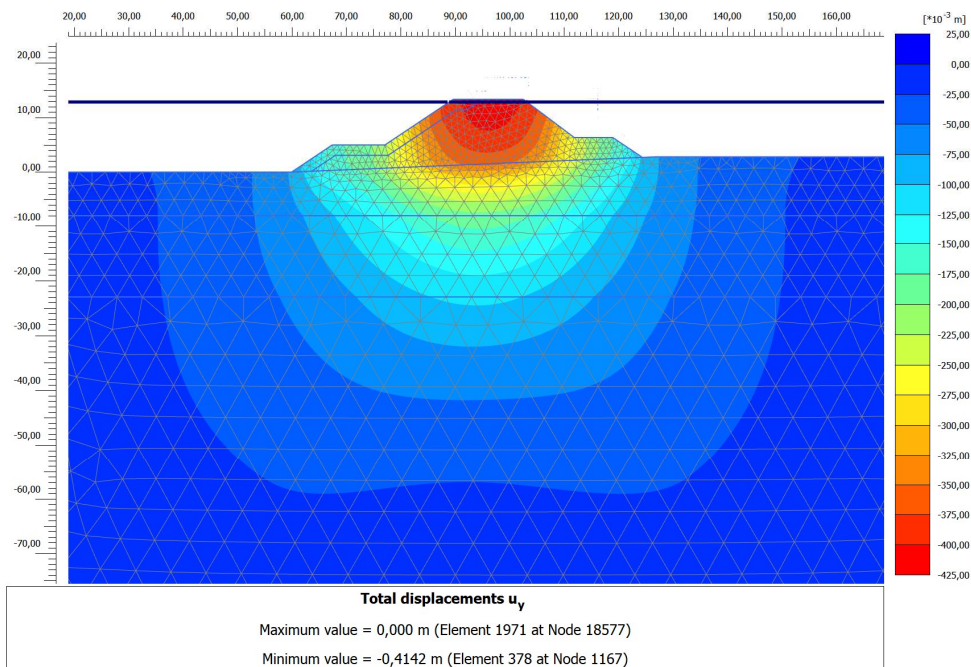


Figura 85 – Spostamenti verticali – Fase 2





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

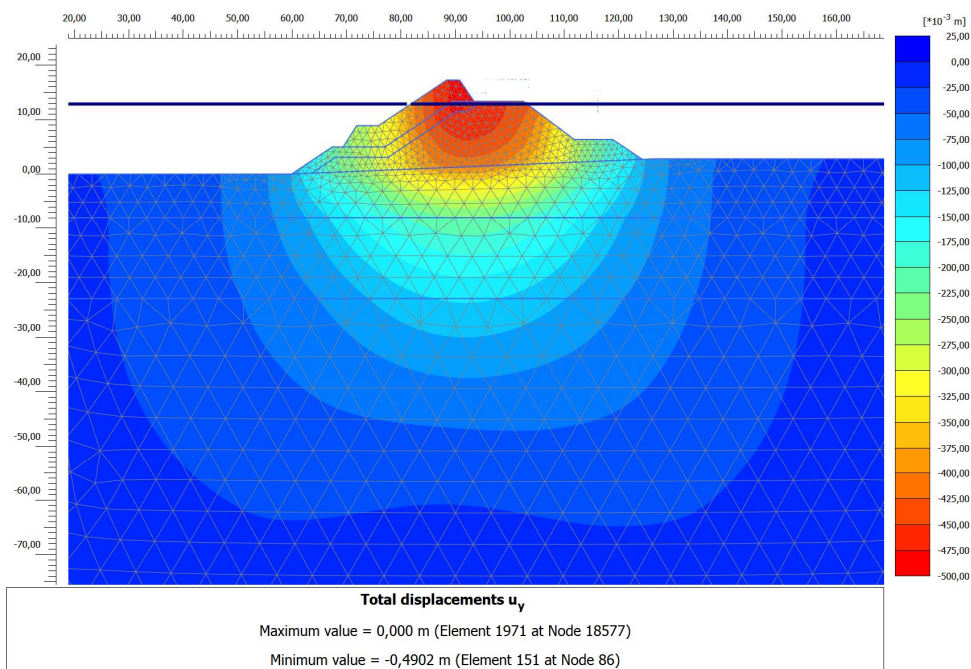


Figura 86 – Spostamenti verticali – Fase 3

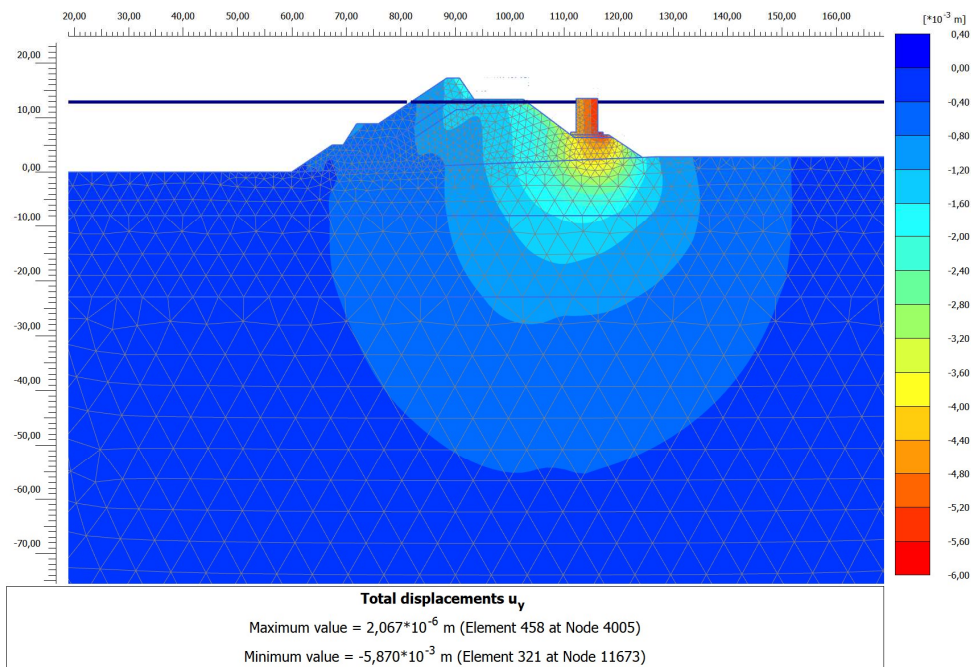


Figura 87 – Spostamenti verticali – Fase 4



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

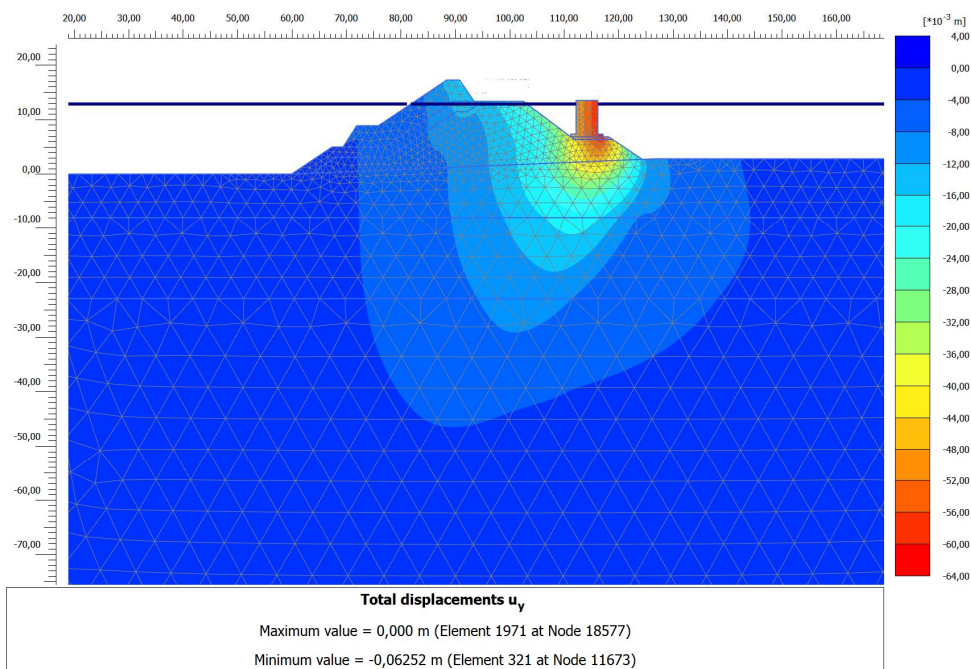


Figura 88 – Spostamenti verticali – Fase 5

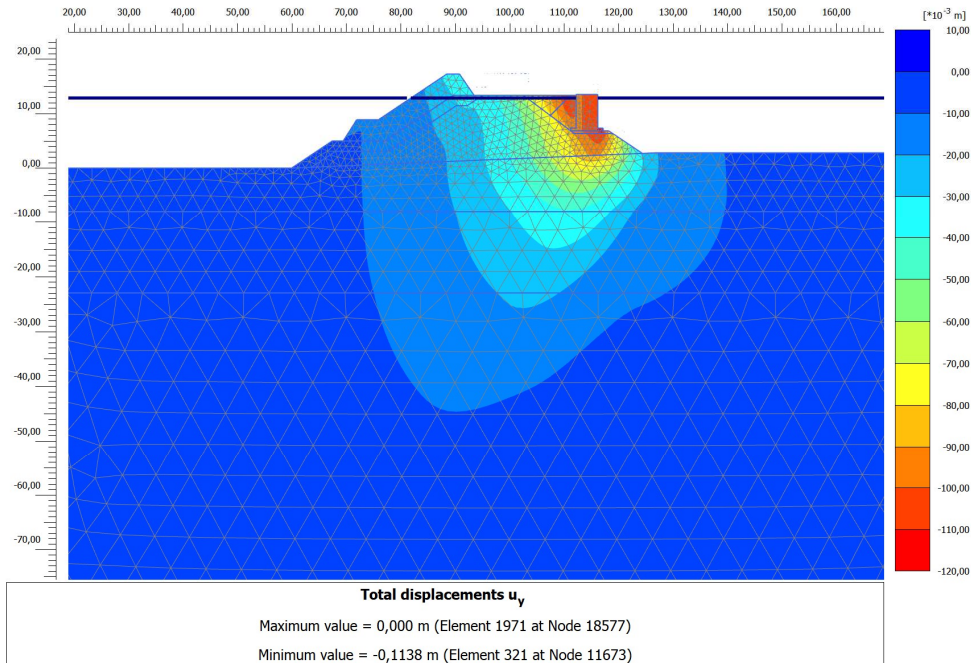


Figura 89 – Spostamenti verticali – Fase 6





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

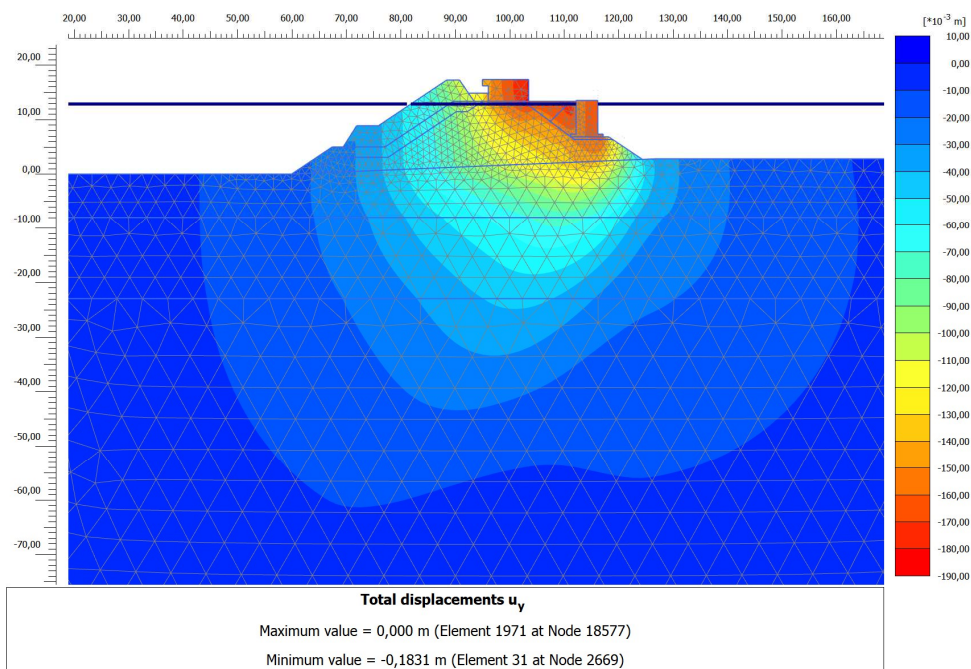


Figura 90 – Spostamenti verticali – Fase 7

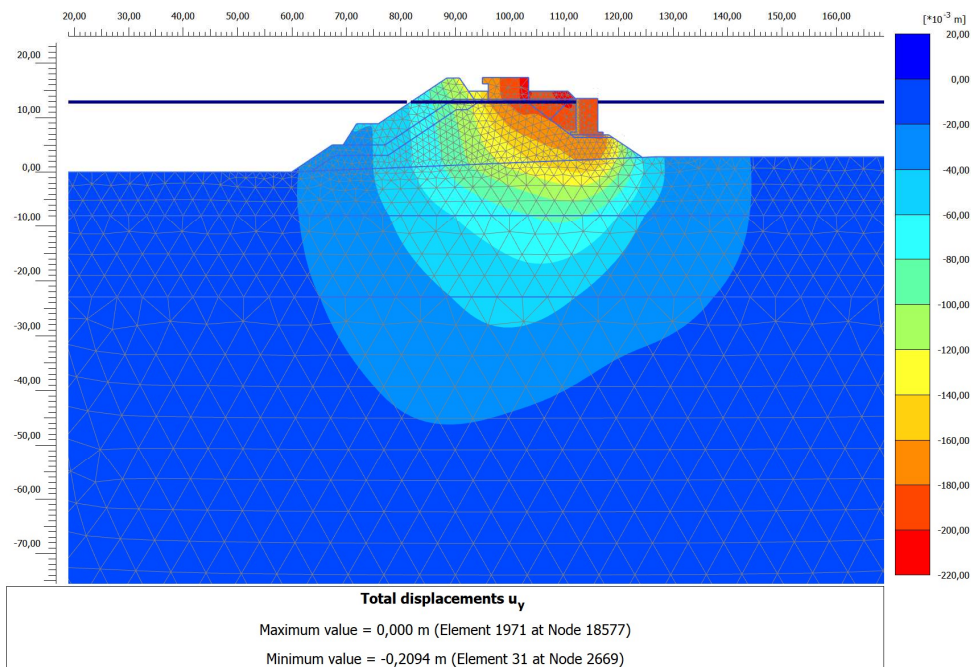


Figura 91 – Spostamenti verticali – Fase 8





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

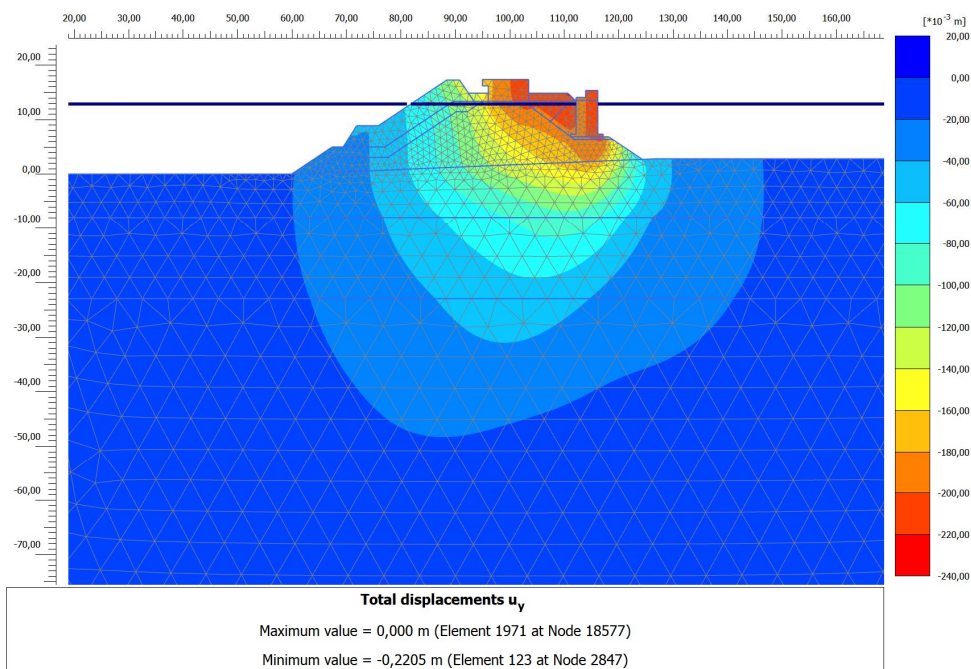


Figura 92 – Spostamenti verticali – Fase 9

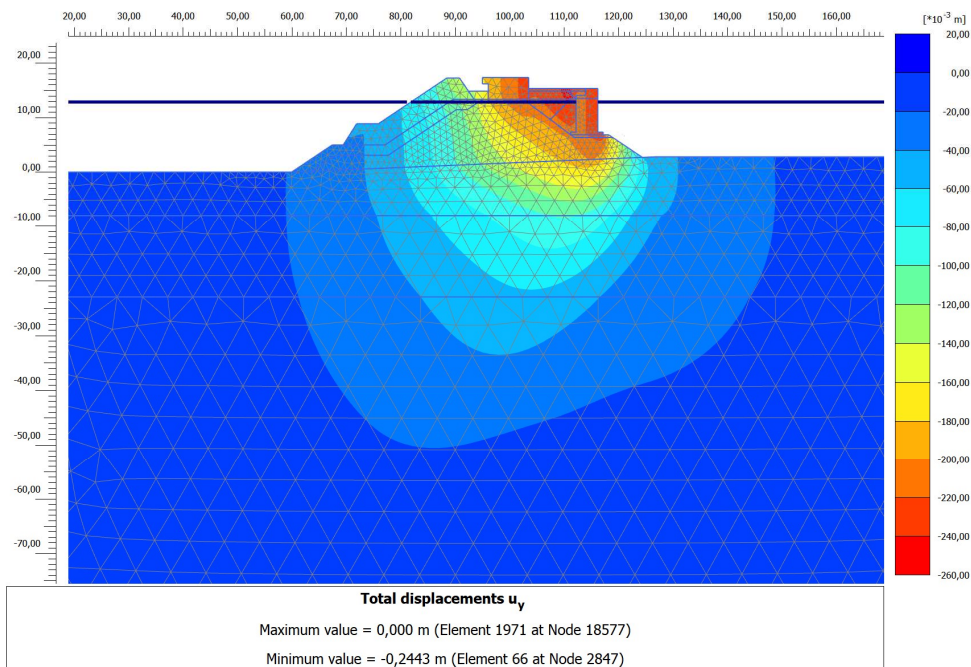


Figura 93 – Spostamenti verticali – Fase 10



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

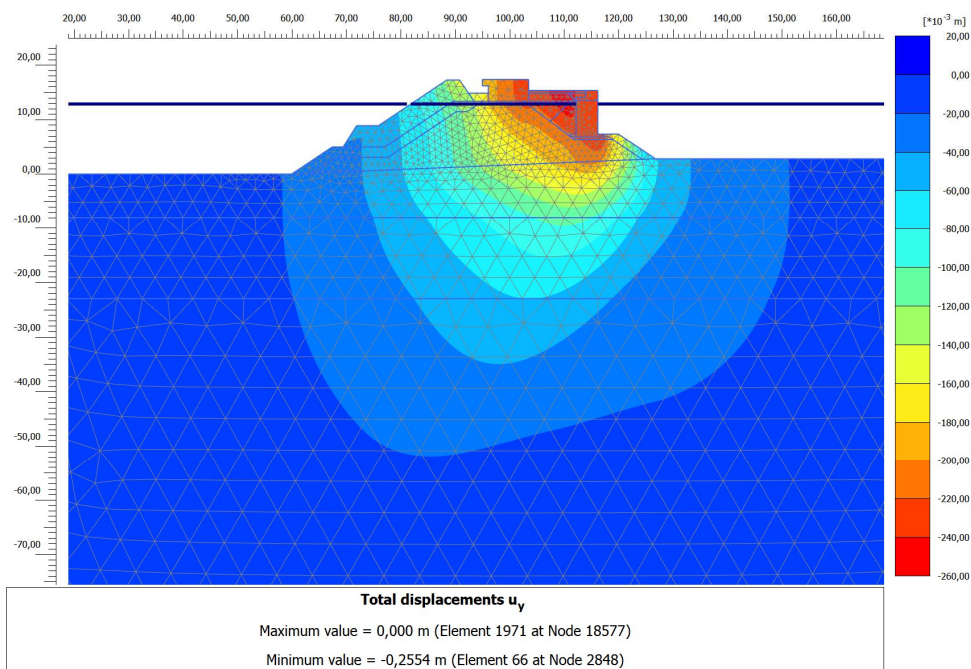


Figura 94 – Spostamenti verticali – Fase 11

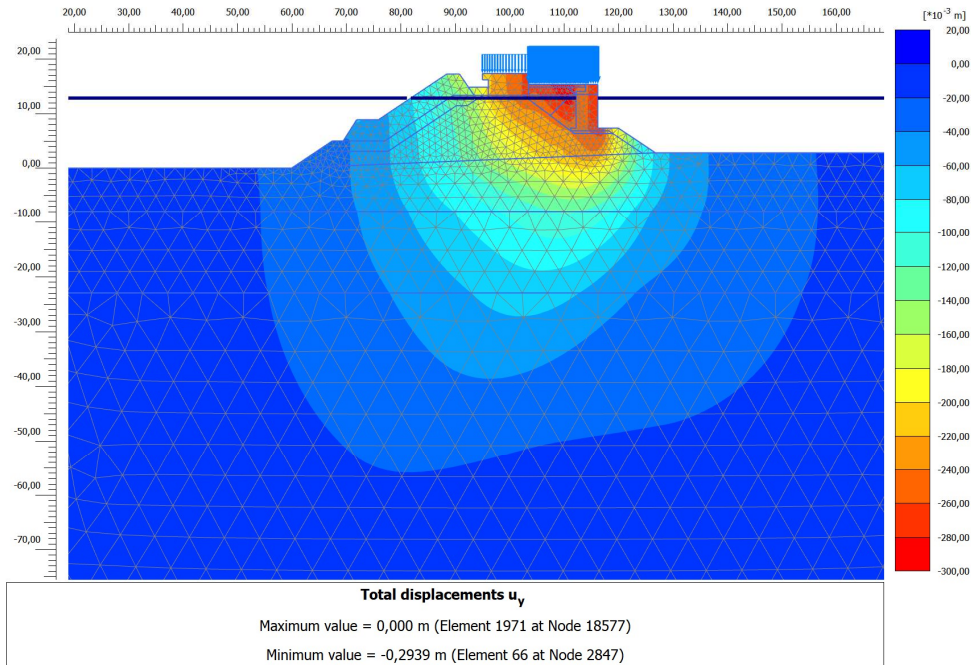


Figura 95 – Spostamenti verticali – Fase 12





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

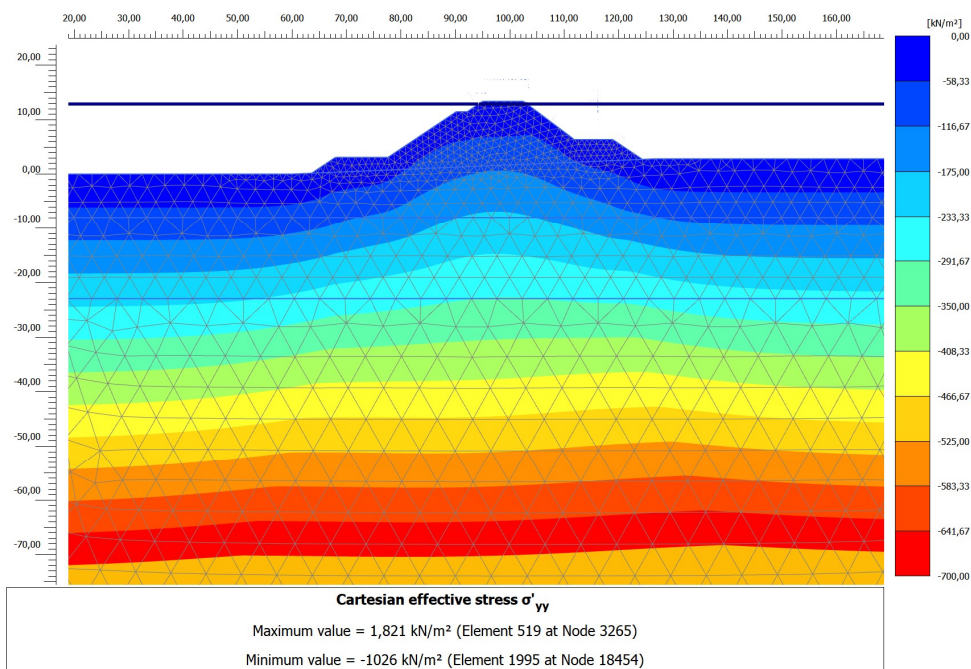


Figura 96 – Tensioni verticali efficaci – Fase 1

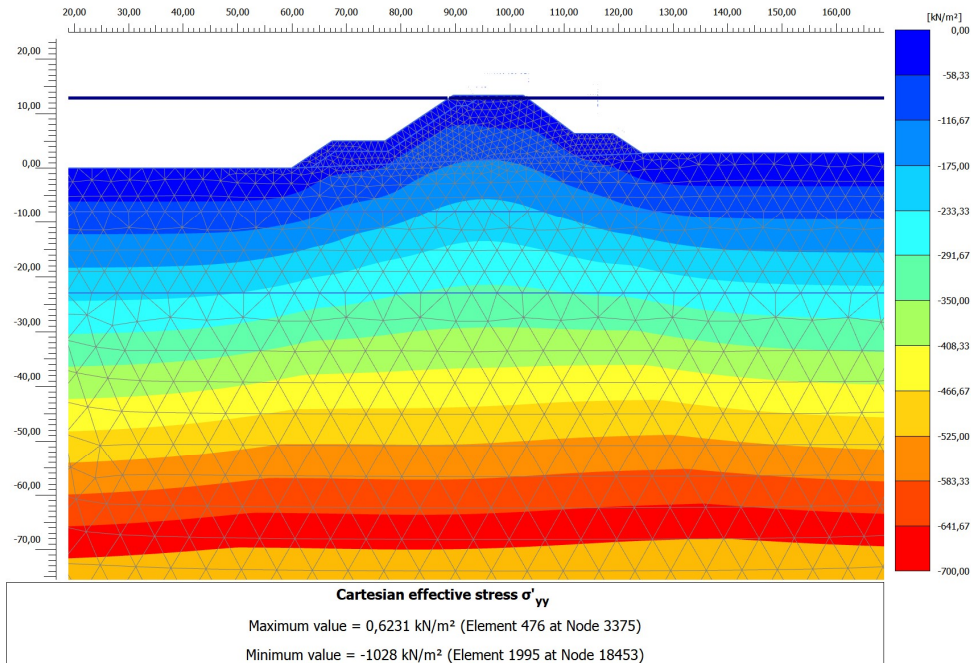


Figura 97 -Tensioni verticali efficaci – Fase 2



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

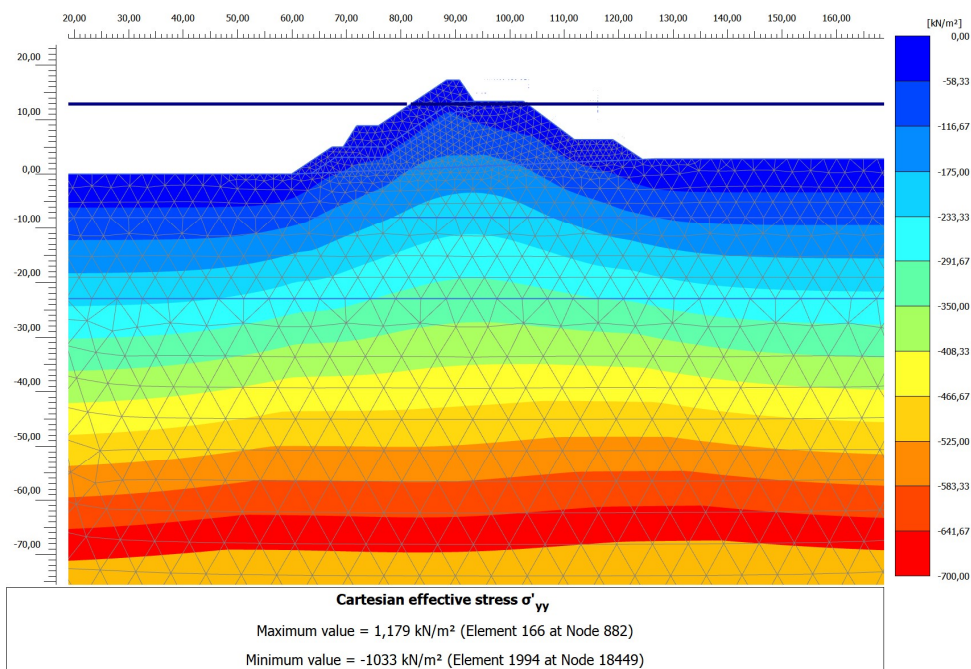


Figura 98 – Tensioni verticali efficaci – Fase 3

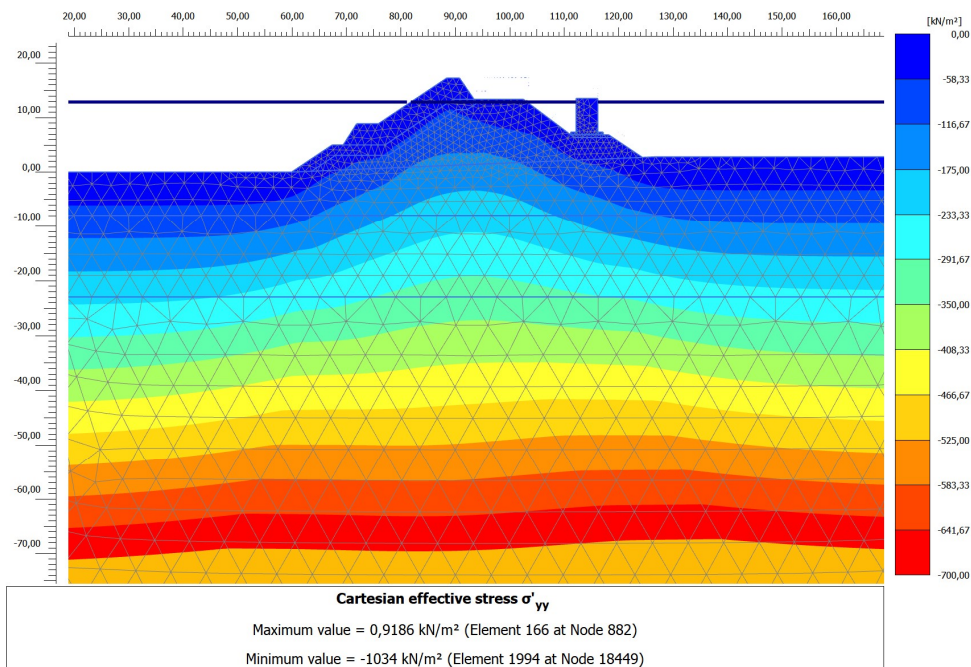


Figura 99 – Tensioni verticali efficaci – Fase 4





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

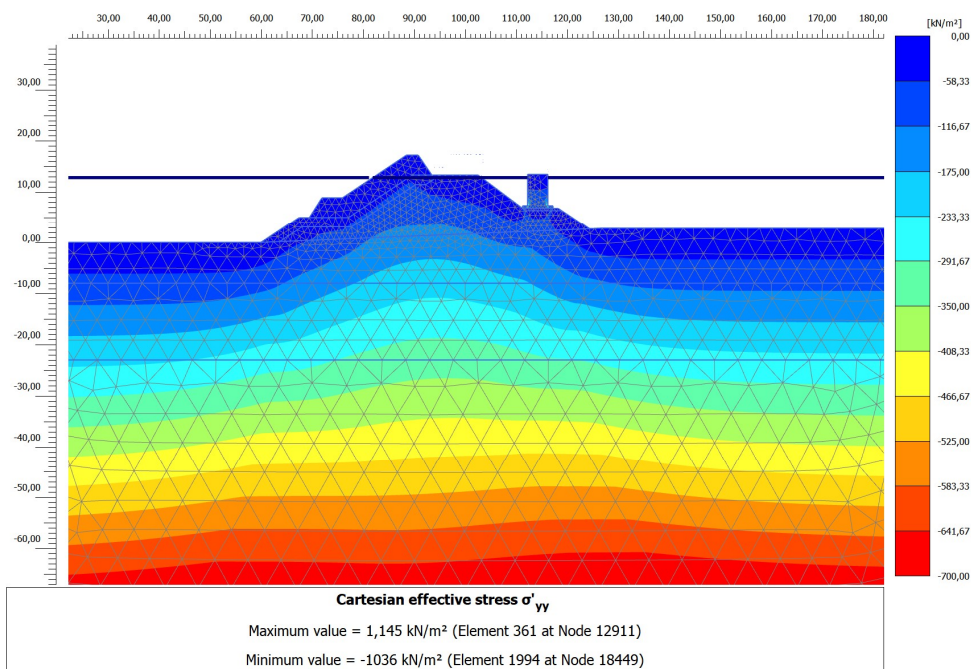


Figura 100 – Tensioni verticali efficaci – Fase 5

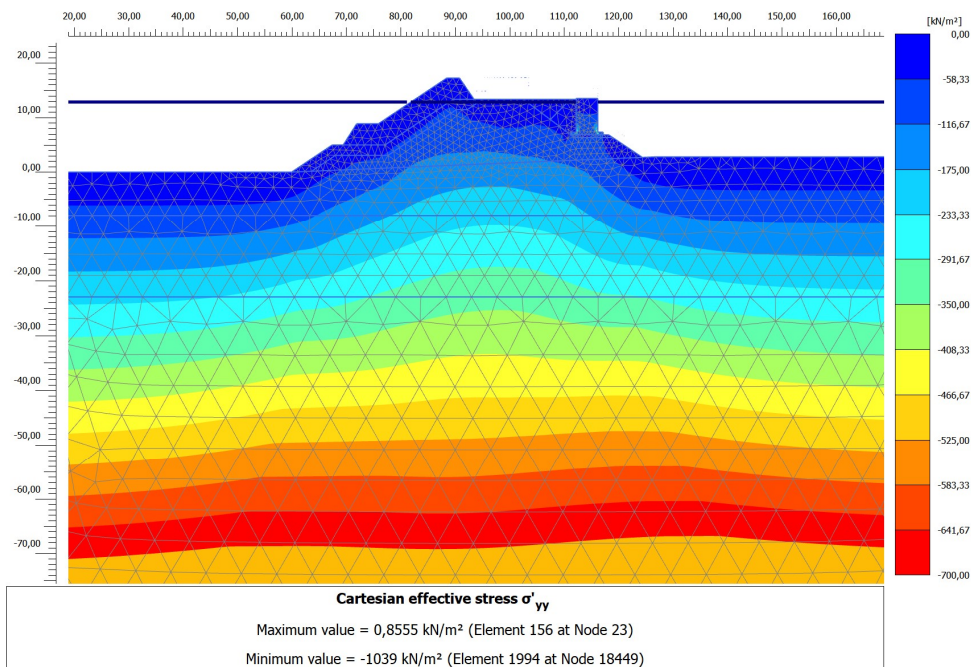


Figura 101 – Tensioni verticali efficaci – Fase 6



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

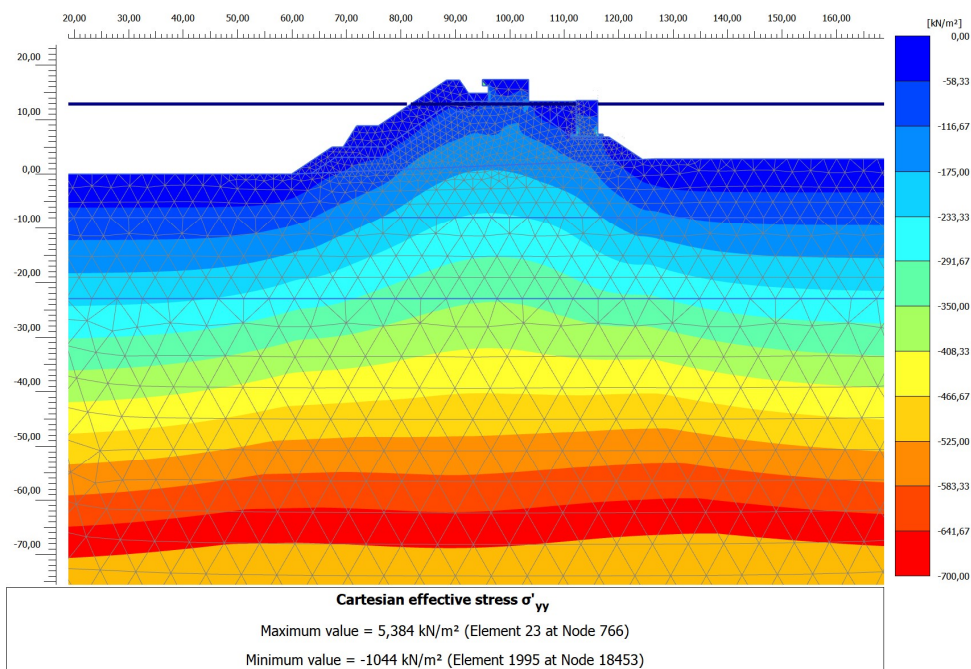


Figura 102 – Tensioni verticali efficaci – Fase 7

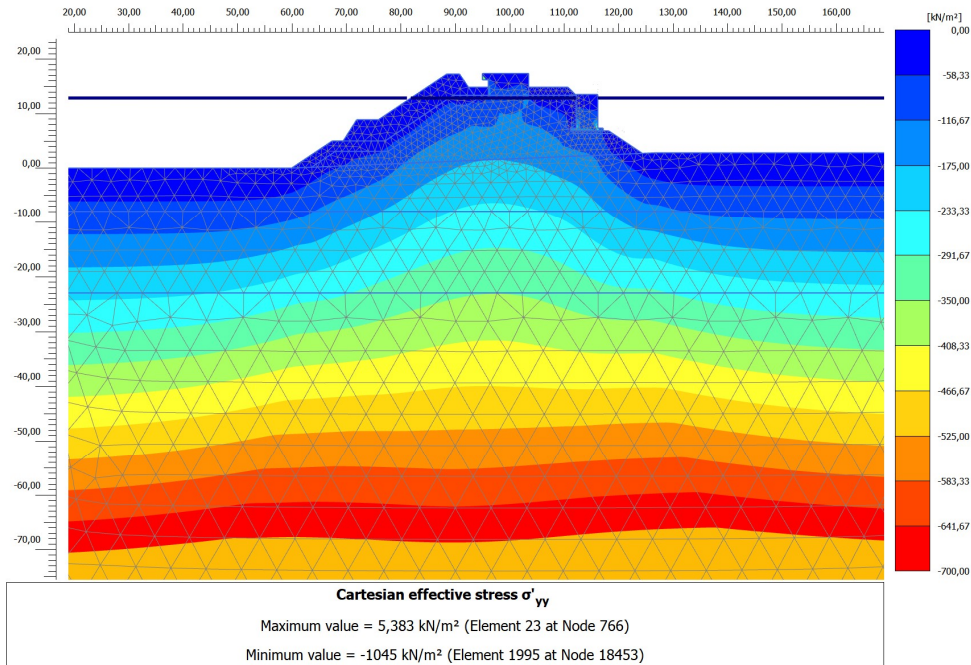


Figura 103 – Tensioni verticali efficaci – Fase 8





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

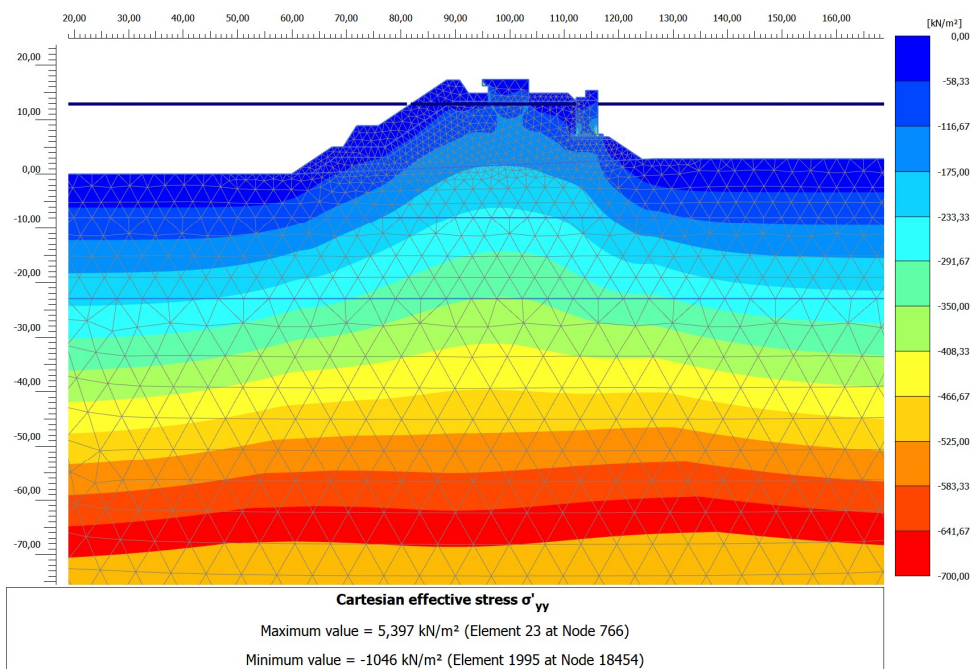


Figura 104 – Tensioni verticali efficaci – Fase 9

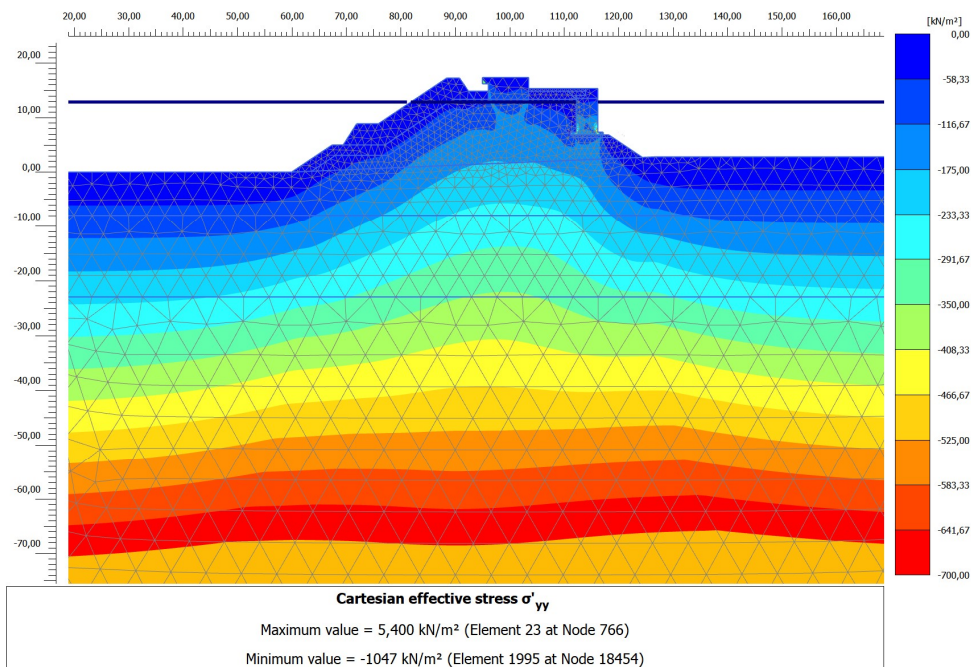


Figura 105 – Tensioni verticali efficaci – Fase 10



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

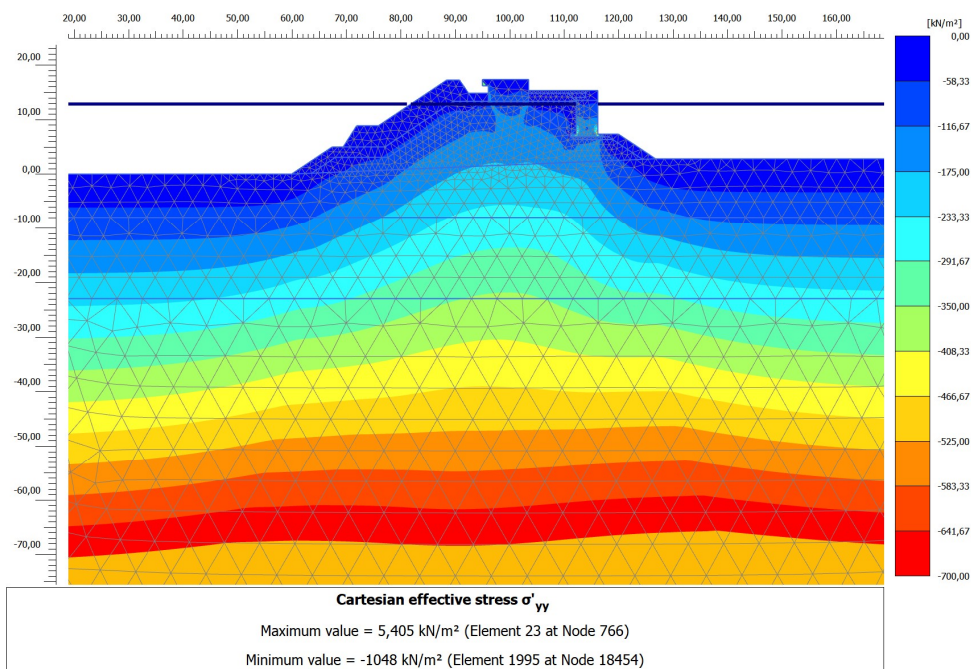


Figura 106 – Tensioni verticali efficaci – Fase 11

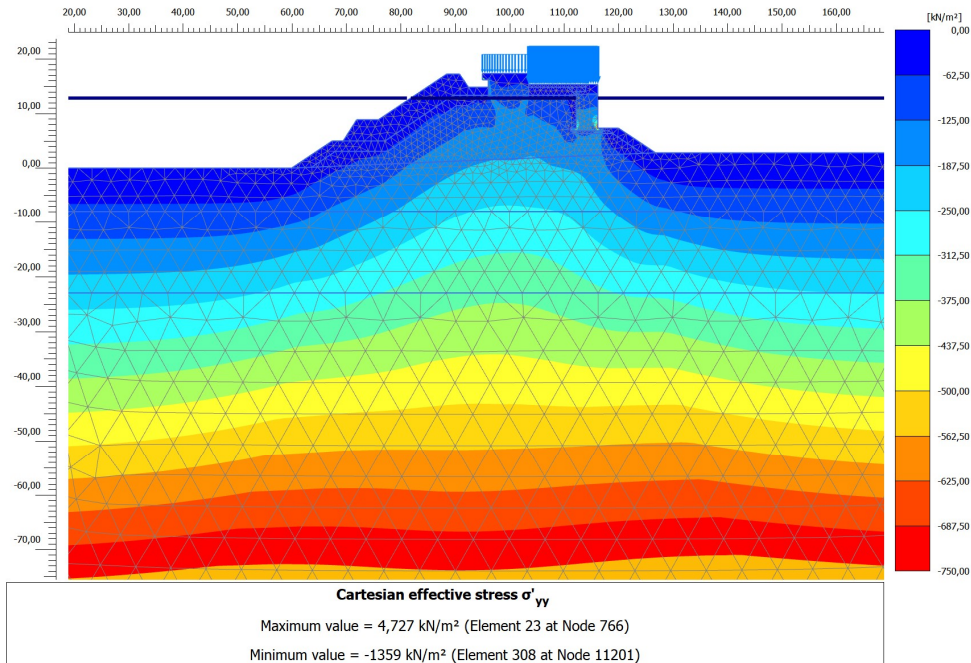


Figura 107 – Tensioni verticali efficaci – Fase 12





---

### **7.3.3 Conclusioni**

Le stime dei cedimenti sono state condotte attraverso un modello agli elementi finiti bidimensionale, schematizzando la successione delle fasi operative e considerando anche, ad opera ultimata, i sovraccarichi di progetto.

Tenuto conto dei limiti della modellazione eseguita (2D) e della cautela del modello geotecnico adottato, i cedimenti assoluti e differenziali in corso d'opera e in esercizio sono ritenuti compatibili con la funzionalità dell'opera in progetto.

Dai risultati ottenuti si prevede una monta di 20-30 cm dello scanno di imbasamento per compensare i cedimenti attesi. Si procederà comunque con il Metodo Osservazionale, monitorando il decorso dei cedimenti durante la costruzione dell'opera.



## 8 PARATIA DI SPONDA

La Paratia di sponda, adiacente al banchinamento alla radice a cassoni, è costituita da due tratti.

- Paratia Tipo 1, di lunghezza di circa 9 m, costituita da pali  $\Phi 800$  in c.a. fino a profondità di - 11,30 m s.l.m.m.;
- Paratia Tipo 2, di lunghezza di circa 13 m, costituita da pali  $\Phi 800$  in c.a. fino a profondità di - 3,00 m s.l.m.m. ammorsati sulla calcarenite.

Tutti i pali hanno una camicia in acciaio S275 JR, di spessore pari a 10 cm, per l'intera altezza per la paratia tipo 1, e fino a -1,30 m per la paratia tipo 2. Le camicie sono tra loro concatenate in modo da contenere il riempimento retrostante. I pali delle due paratie sono collegate in testa da un cordolo in c.a. di dimensioni 1,00 x1,80 m e rivestita sul lato mare da una veletta prefabbricata in c.a..

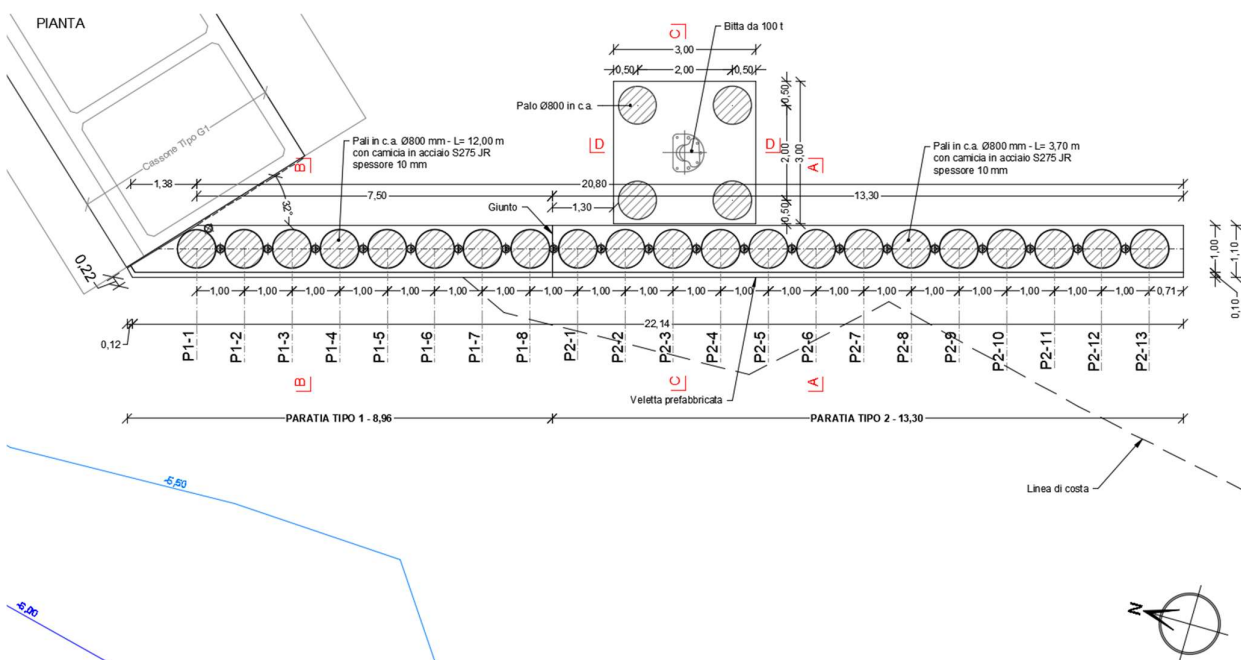


Figura 108 – Paratia Tipo 1 e Tipo 2: planimetria



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

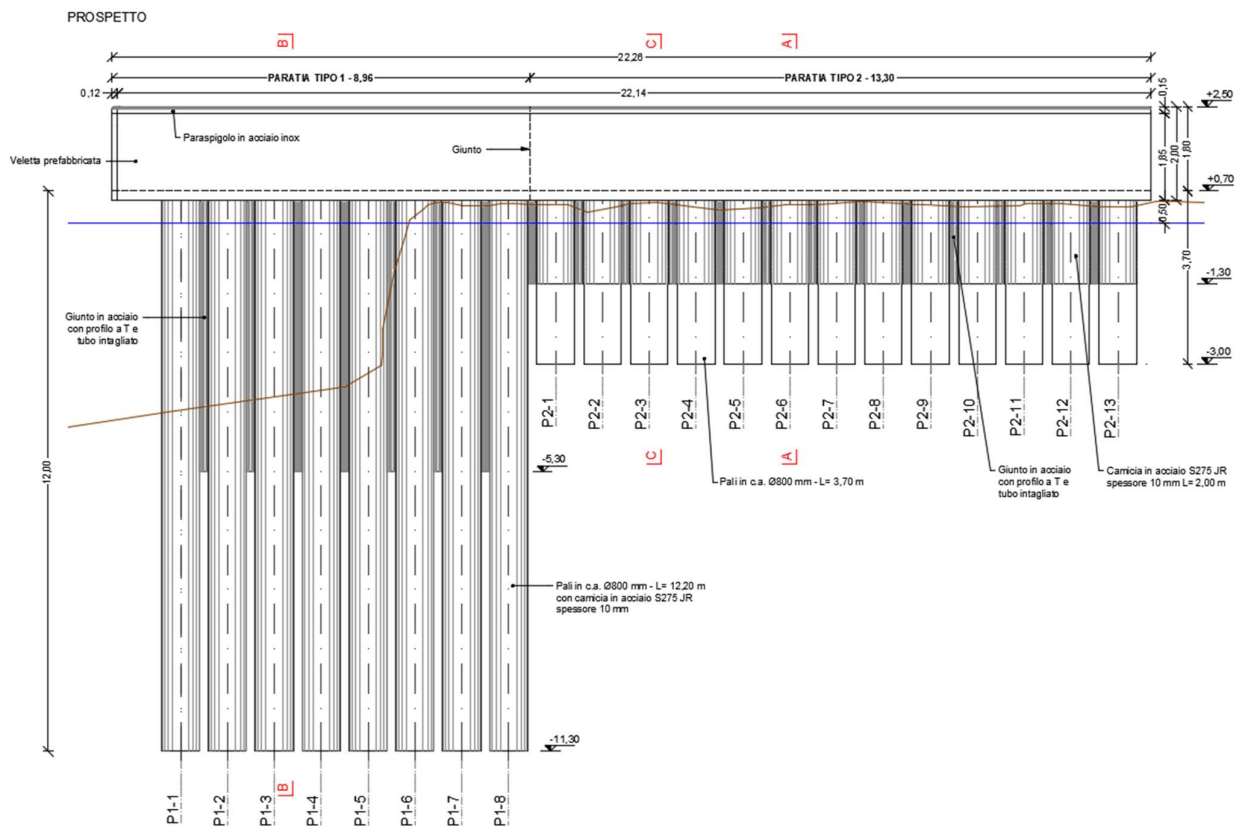


Figura 109 – Paratia Tipo 1 e Tipo 2: profilo

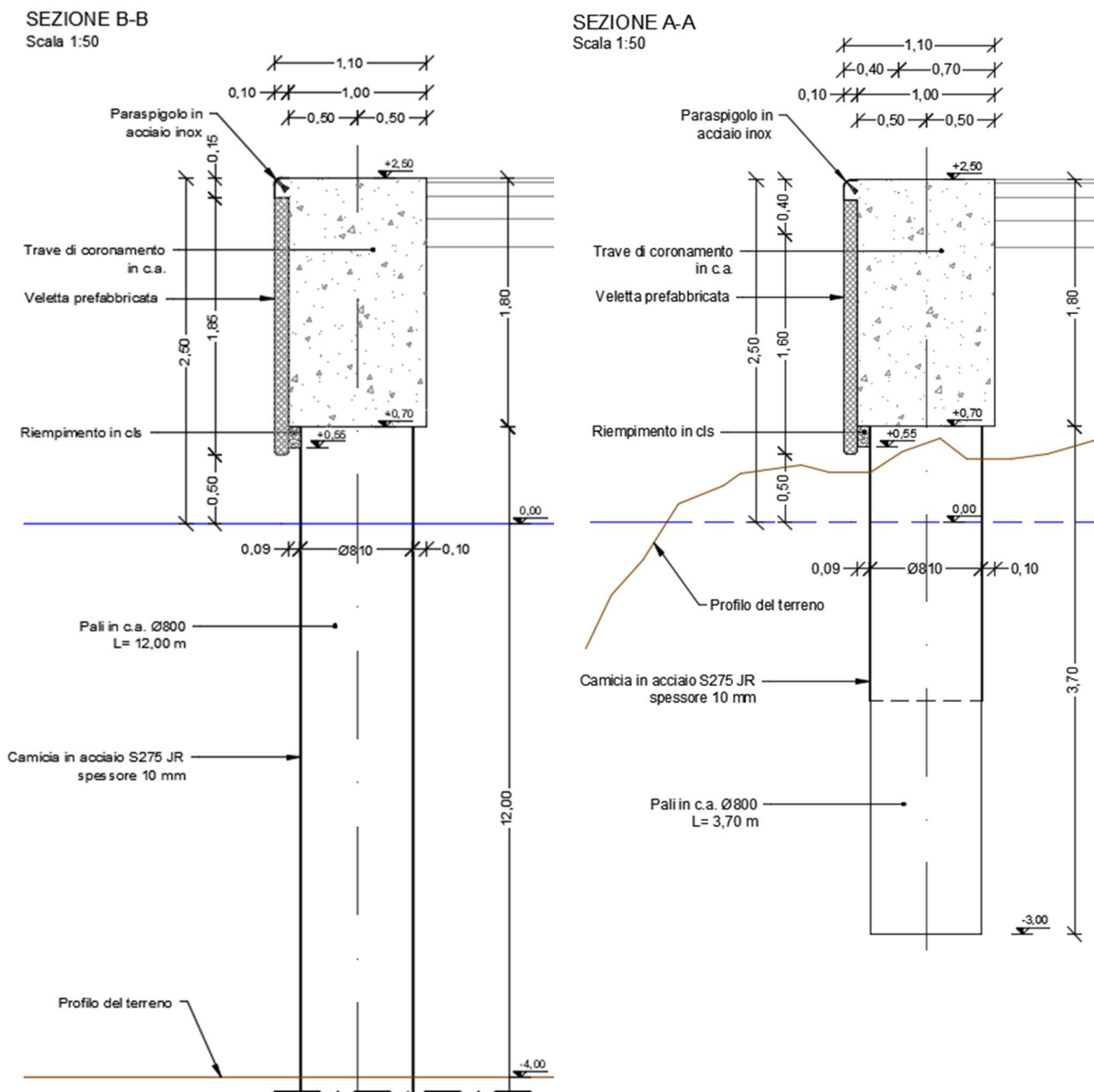


Figura 110 – Paratia Tipo 1 e Tipo 2: sezioni tipo

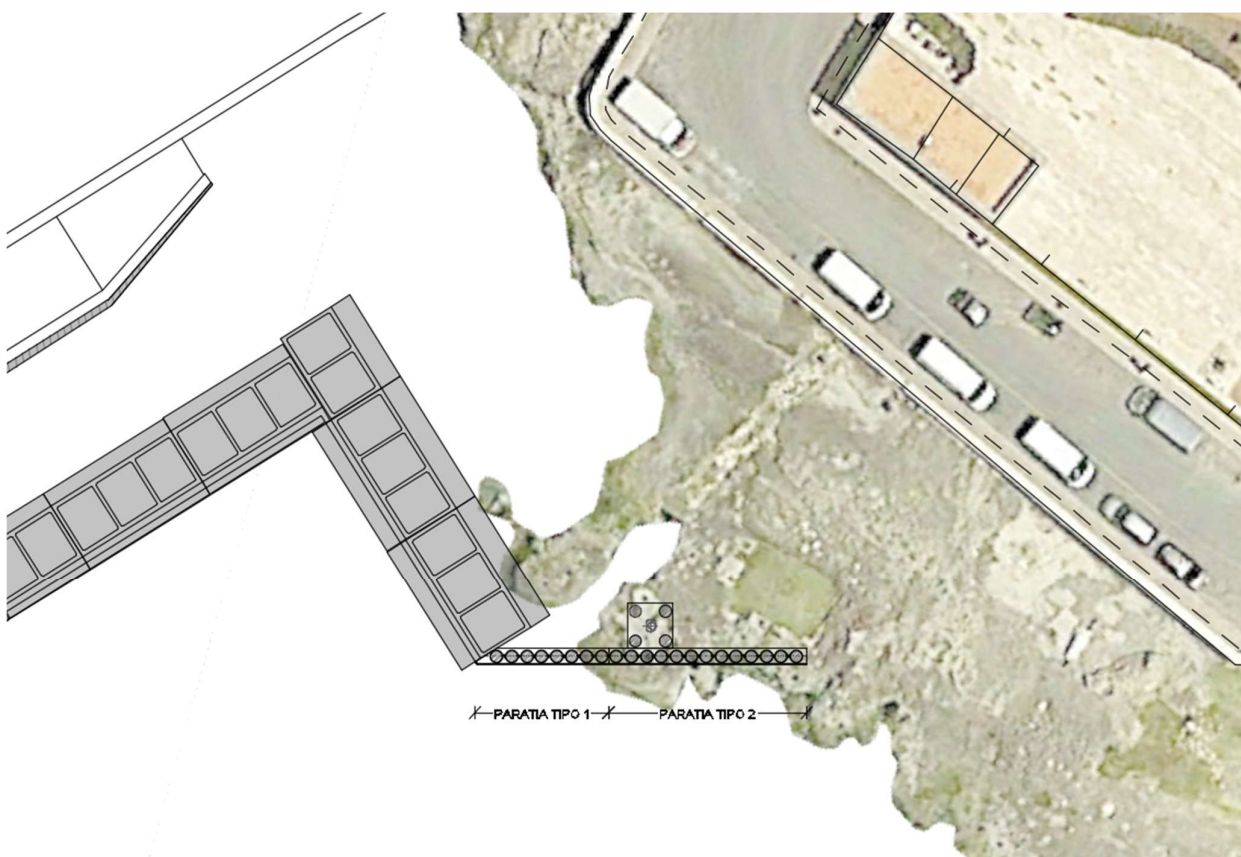
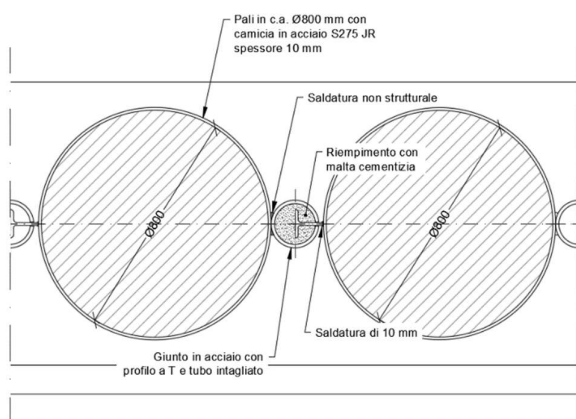


Figura 111 – Paratia Tipo 1 e Tipo 2: sovrapposizione planimetria di progetto su ortofoto



Profilo a T e tubo con intaglio

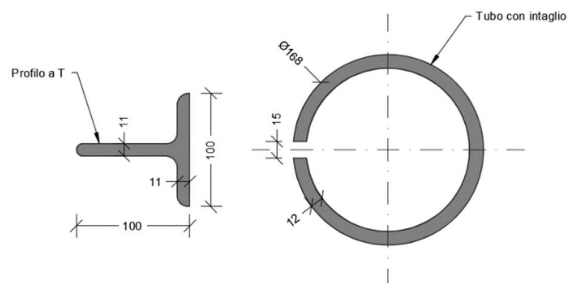


Figura 112 – Paratia Tipo 1 e Tipo 2: particolari concatenamento camicie



## 8.1 Materiali

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella realizzazione delle opere strutturali (pali, trave di coronamento) sono sinteticamente riportate nel seguito.

### **Calcestruzzo classe di resistenza C35/45 (Rck 45)**

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

$$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 37,35 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45,35 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 21,17 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo

$$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3,35 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2,35 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,56 \text{ MPa}$$

Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

$$f_{bk} = 2.25 \times \eta \times f_{ctk} = 5,29 \text{ MPa}$$

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c = 3,53 \text{ MPa}$$

Modulo di elasticità medio del cls

$$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} = 34625 \text{ MPa}$$

Modulo di Poisson del cls

$$\nu_{cls \text{ fess.}} = 0$$

$$\nu_{cls \text{ non fess.}} = 0,2$$

Coeff. dilatazione termica del calcestruzzo

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

$$\sigma_c = 0,60 \times f_{ck} = 22,41 \text{ MPa per combinazione caratteristica}$$

$$\sigma_c = 0,45 \times f_{ck} = 16,81 \text{ MPa per combinazione quasi permanente}$$

Pesi di volume

$$\gamma_{ca} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \text{ calcestruzzo armato}$$

$$\gamma_{cls} = 24,00 \text{ kN/m}^3 \text{ calcestruzzo non armato}$$

### **Acciaio per cemento armato B450C**

Valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

$$f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{k \text{ nom}} = 540 \text{ MPa}$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio



$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ MPa}$$

Tensione massima dell'acciaio nelle condizioni di esercizio

$$\sigma_s = 0,80 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa per combinazione caratteristica}$$

Valore massimo di apertura delle fessure

$$w_1 = 0,20 \text{ mm per condizioni ambientali molto aggressive (classe di esposizione XS3)}$$

#### Altre caratteristiche cemento armato

Classe di esposizione XS3

Rapporto A/C <0,45

Diametro massimo inerte 25 mm

Copriferro pali 6 cm

Copriferro travi 5 cm

#### Acciaio camicia dei pali S275 JR

### 8.2 Software di calcolo utilizzato

Il programma di calcolo utilizzato è PAC.14 della Aztec Informatica s.r.l., licenza n. AIU2302G8.



Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e dai distributori del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Gli sviluppatori hanno verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.





Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine delle analisi, controlli automatici identificano la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

#### Valutazione dei risultati e giudizio sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura e del terreno utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni e della Geotecnica.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato Esito positivo.

### 8.3 Modelli di calcolo

Sono state eseguite analisi agli elementi finiti (FEM) monodimensionali.

Nella *Tabella 43* sono riportati i dati geometrici e le caratteristiche degli schemi di calcolo.

PARATIA			TIPO 1	TIPO 2
Altezza fuori terra	$H_{fuori\ terra}$	[m]	6,00	2,50
Altezza infissione	$H_{infissione}$	[m]	7,80	3,00
Altezza totale	$H_{tot}$	[m]	13,80	5,50
Interasse dei pali	$i$	[m]	0,97	0,97
Diametro dei pali	$D$	[mm]	800	800
Tipo vincolo	-	[-]	nessun vincolo (a sbalzo)	nessun vincolo (a sbalzo)

*Tabella 43 – Geometria dei modelli delle paratie*

La paratia tipo 1 è stata modellata con un'altezza fuori terra pari a 6,00 m (quindi con un fondale di calcolo pari a 3,50 m), in considerazione della variabilità del fondale (vedi *Figura 108* e *Figura 109*). Si



sottolinea che nella realtà, a ridosso dei primi 3 pali, a ridotta distanza, è presente il cassone G1 n°1, e pertanto la spinta sulla paratia è significativamente minore rispetto che al resto della paratia.

La paratia tipo 2 è stata modellata con un'altezza fuori terra di 2,50 m (quindi con un fondale di calcolo pari a 0,00 m, che si approfondisce all'aumentare della distanza dalla paratia stessa). Si sottolinea che l'intera paratia tipo 2 è realizzata sulla terra ferma, sulla calcarenite compatta affiorante (*Figura 111*).

Le analisi sono state eseguite in condizioni drenate.

Il terreno viene modellato come un letto di molle indipendenti a comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi deformazioni abbia andamento bilatero. La singola "molla" ha una resistenza crescente secondo la relazione  $p = k_s \delta$  fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$  (*Figura 113*), pari al minimo dei seguenti:

- valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla;
- valore della pressione corrispondente ad uno spostamento orizzontale pari a 1,50 cm.

Le molle al di sotto della linea di fondo scavo hanno un comportamento asimmetrico. Se lo spostamento della paratia in corrispondenza della molla è diretto verso valle la pressione limite della molla stessa sarà data dalla differenza fra la pressione passiva di valle e la pressione attiva di monte ( $K_{pv} - K_{am}$ ). Se lo spostamento è diretto verso monte la pressione limite sarà data dalla differenza tra la pressione passiva da monte e la pressione attiva da valle ( $K_{pm} - K_{av}$ ).

Per le molle al di sopra della linea di fondo scavo si assume sempre il criterio di rottura per pressione passiva (a compressione). Naturalmente esse vengono rimosse dall'analisi quando vanno in trazione. In particolare saranno immediatamente eliminate durante l'analisi nel caso di una paratia libera (non soggetta a carichi verso monte) mentre avranno una grossa influenza in presenza di tiranti (soprattutto nel caso di tiranti attivi) e di vincoli.

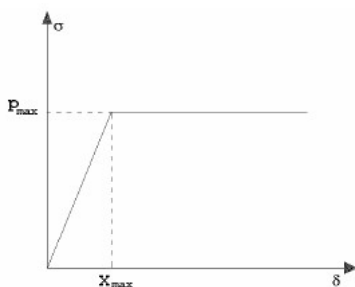


Figura 113 - Legame costitutivo del terreno

Trattandosi di terreni incoerenti, per tenere conto del fatto che la costante di Winkler varia con la profondità, ciascun strato è stato discretizzato in sub-strati, e ad ognuno di questi è stata assegnata una costante di winkler corrispondente al rapporto tra la differenza fra pressione passiva di valle ( $p_{pass\ valle}$ ) e pressione attiva di monte ( $p_{attiva\ monte}$ ) e uno spostamento convenzionale  $u_{xconv}$  pari a 1,5 cm:

$$k_s = (p_{pass\ valle} - p_{attiva\ monte}) / u_{xconv}$$

La stratigrafia dei modelli di calcolo è riportata nelle figure a seguire.



Nella *Tabella 44* e nella *Tabella 45* sono riportate le caratteristiche meccaniche di calcolo degli strati delle paratie Tipo 1 e Tipo 2.

STRATO	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$\varphi'$	$\varphi'_{interfaccia}$	$c'$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Riempimento	17,50	20,50	40,00	20,00	0,00
SC1	15,00	19,50	35,00	17,00	0,00
SC2	15,00	19,50	40,00	20,00	0,00

*Tabella 44 – Paratia Tipo 1: caratteristiche fisico-meccaniche degli strati*

STRATO	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$\varphi'$	$\varphi'_{interfaccia}$	$c'$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]
Riempimento	17,50	20,50	40,00	20,00	0,00
RC	20,00	23,00	35,00	17,00	90,00

*Tabella 45 – Paratia Tipo 2: caratteristiche fisico-meccaniche degli strati*

#### 8.4 Fasi esecutive di calcolo

E' stata condotta un'analisi FEM per successione di fasi operative.

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione.

E' stata eseguita un'analisi statica con SLU e SLE (**caso a**) e un'analisi sismica SLV (**caso b**), le cui successioni di fasi sono riportate Tabelle seguenti.

FASE 1	Realizzazione paratia Tipo 1; scavo a -3,50 m s.l.m.m.
FASE 2	Sovracc. q=40 kN/m <sup>2</sup> sul piazzale
FASE 3	Sisma (con spinta idrodinamica)

*Tabella 46 - Fasi di calcolo per la paratia Tipo 1*

FASE 1	Realizzazione paratia Tipo 2; scavo a 0,00 m s.l.m.m.
FASE 2	Sovracc. q=40 kN/m <sup>2</sup> sul piazzale
FASE 3	Sisma (con spinta idrodinamica)

*Tabella 47 - Fasi di calcolo per la paratia Tipo 2*

Le analisi sono state eseguite per:

- Condizioni d'esercizio (SLE RARA);



- Condizioni con coefficienti A1M1 (SLU);
- Condizioni con coefficienti tipo A2M2 (SLU).

Per ogni caso (**a** oppure **b**) risultano quindi un numero di fasi di calcolo pari a 3 volte il numero di fasi di cui alle tabelle precedenti.

Per quanto riguarda la verifica di stabilità globale del complesso paratia - terreno è stato considerato l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) (ultima fase di calcolo), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I del D.M. 17/01/2018.

La verifica di stabilità globale deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,1 nel caso statico e a 1,20 nel caso sismico. È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. il metodo di analisi LEM è quello di Bishop semplificato con superficie di scorrimento supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti:

- uno passante per il punto di fondo scavo;
- uno passante per piede della paratia;
- uno passante per il punto centrale della lunghezza d infissione.

Per i dettagli sulle analisi eseguite si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

## 8.5 Risultati

Tutte le verifiche di sicurezza e di resistenza strutturale di stabilità globale e spostamenti risultano soddisfatte.

Nelle figure allegate vengono illustrate i risultati delle analisi eseguite:

- Diagrammi delle sollecitazioni sulla paratia ( $M_d$  [kNm]  $T_d$  [kN]  $N_d$  [kN]);
- Diagrammi delle Pressioni sulla paratia [kPa];
- Diagrammi delle Deformate (Spostamenti orizzontali [cm]);
- Verifiche di resistenza strutturali (riporta  $M_u$  [kNm],  $M$  [kNm]  $T$  [kN]  $N$  [kN]);
- Superficie di scivolamento Critica.

Nelle figure allegate vale quanto segue:

- le fasi da Fase 1 a Fase 3 sono relative alle Condizioni d'esercizio;
- le fasi da Fase 4 a Fase 6 sono relative alle Condizioni con coefficienti A1M1;
- le fasi da Fase 7 a Fase 9 sono relative alle Condizioni con coefficienti A2M2.

Nella **Tabella 48** sono riportati i coefficienti di sicurezza di verifica di stabilità globale con il metodo di Bishop, secondo l'ultima fase di calcolo A2M2.

	SLU	SLV
PARATIA TIPO 1	2,94	3,23
PARATIA TIPO 2	5,01	5,95

Tabella 48 – Verifica di stabilità globale, metodo di Bishop (ultima fase A2M2)



### 8.5.1 Paratia Tipo 1

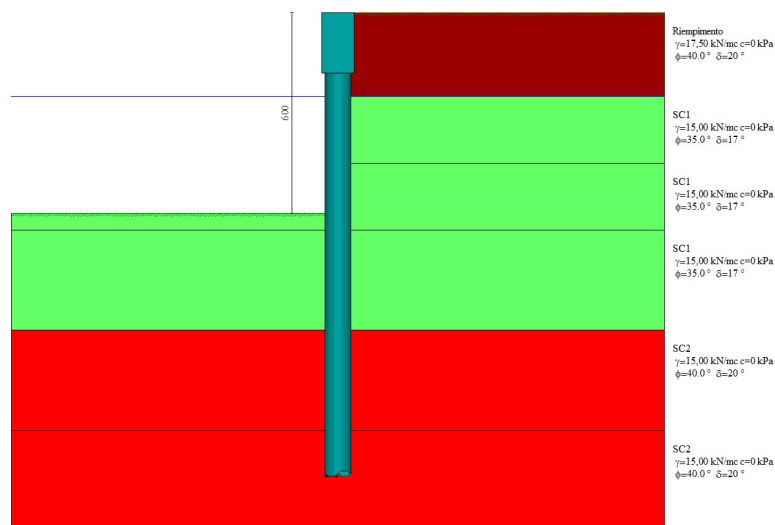


Figura 114 – Paratia Tipo 1 - Fase 1 – Realizzazione paratia Tipo 1; scavo -3,50 m s.l.m.m.

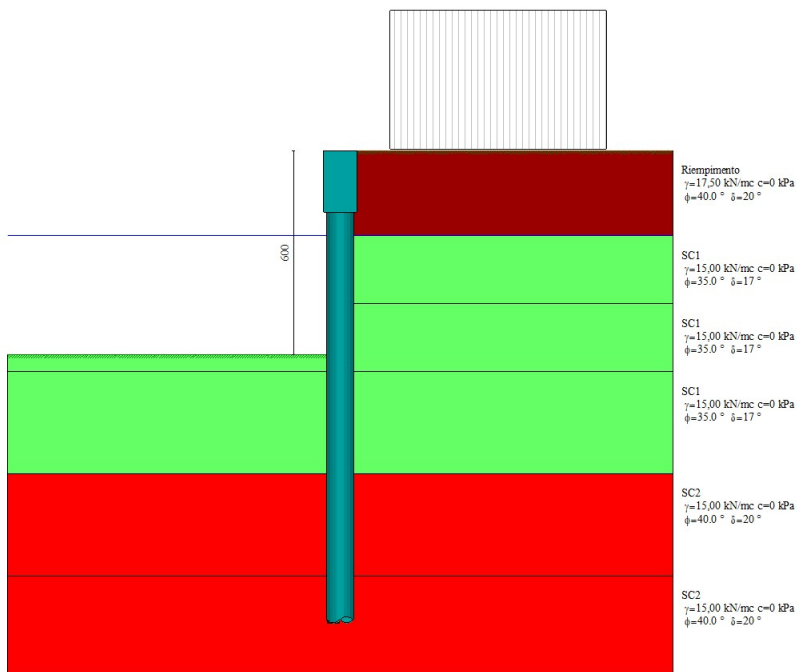


Figura 115 – Paratia Tipo 1 - Fase 2 – Sovraccarico 40 kPa



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

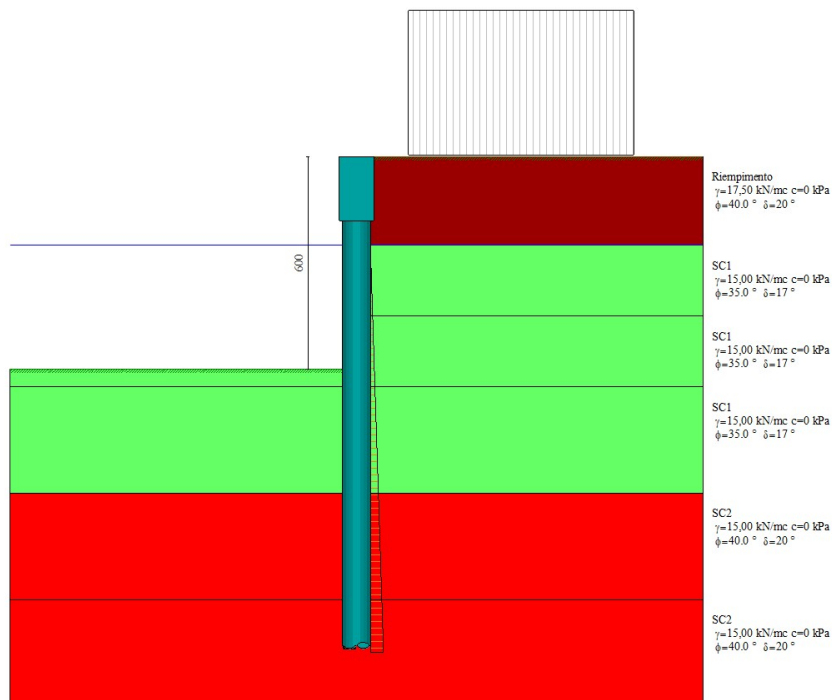


Figura 116 – Paratia Tipo 1 - Fase 3 – Sisma (con spinta idrodinamica)

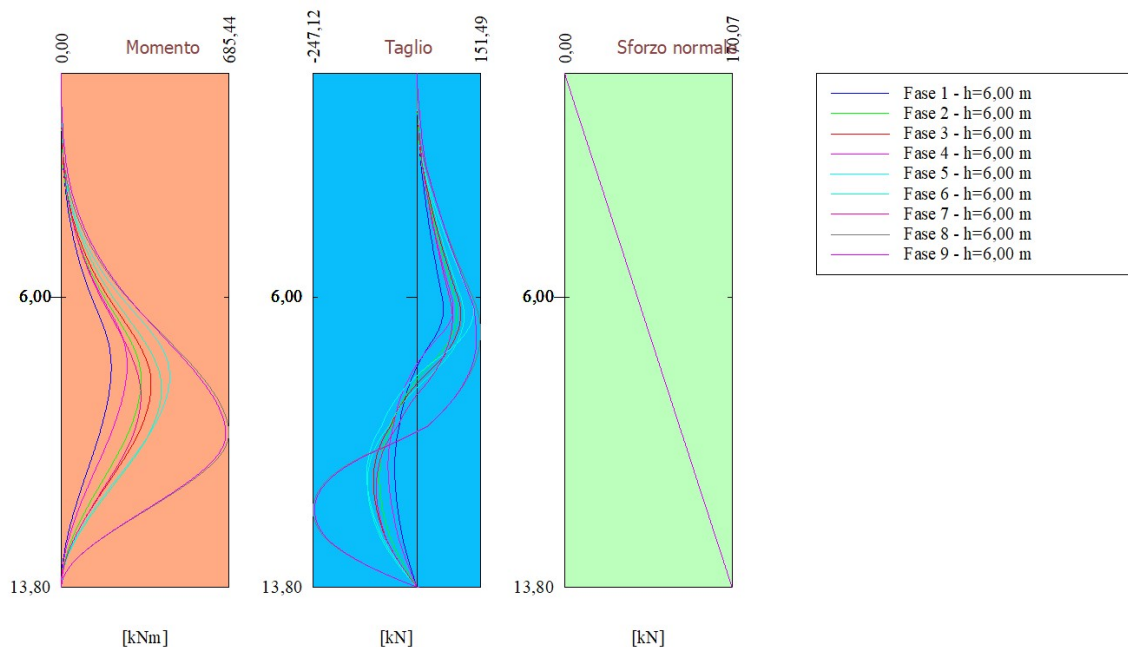


Figura 117 – Paratia Tipo 1 – Diagramma delle sollecitazioni



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

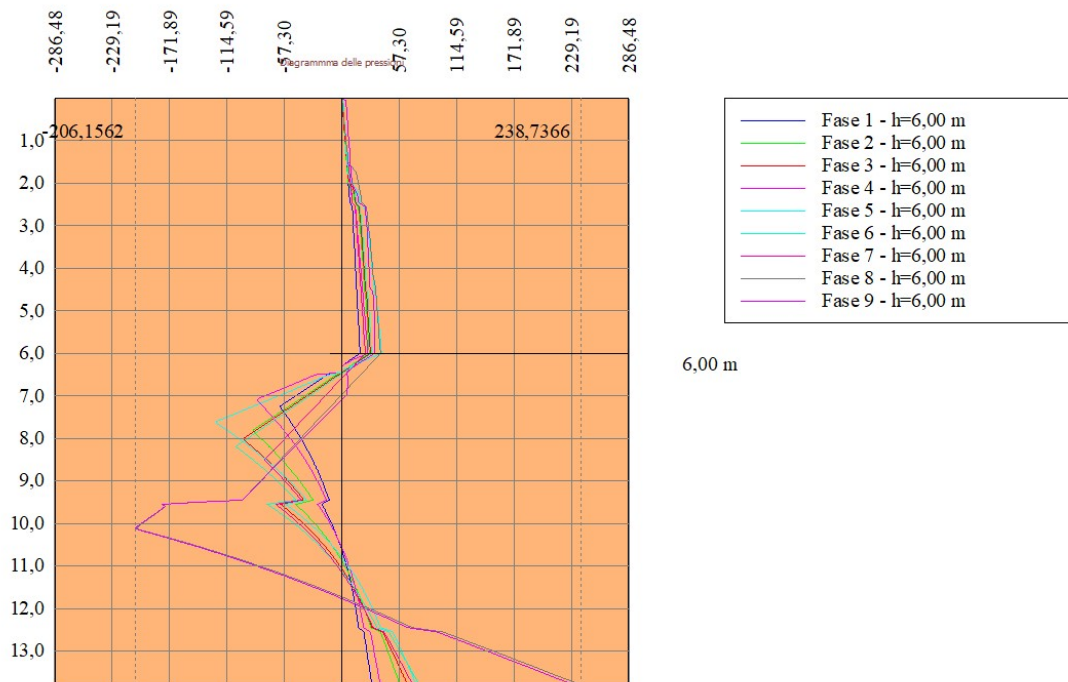


Figura 118 – Paratia Tipo 1 – Diagramma delle pressioni

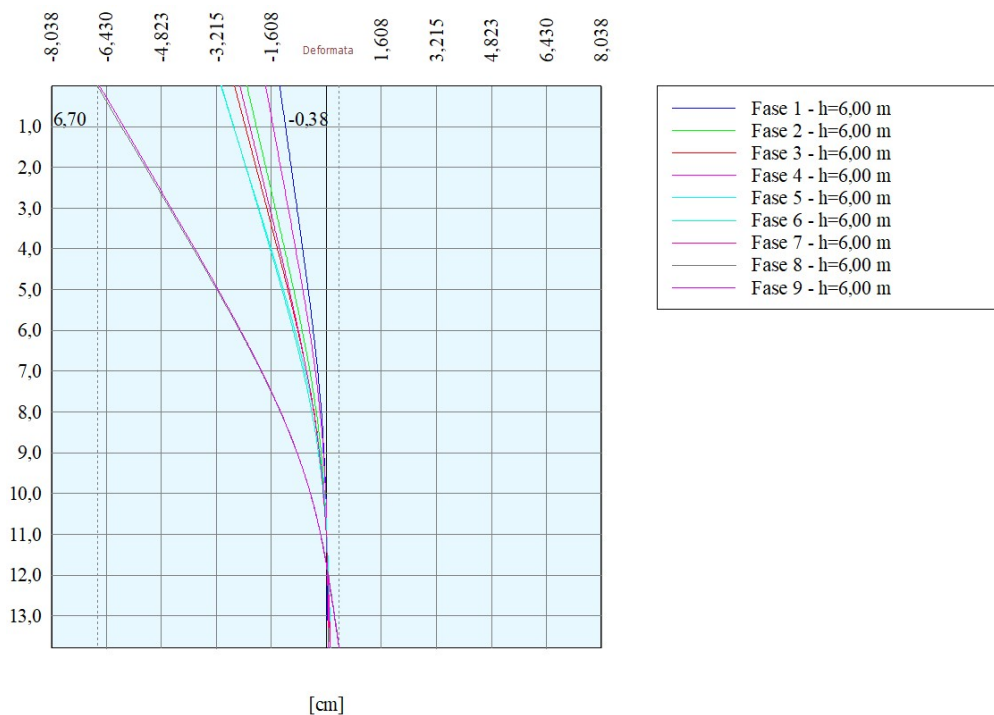


Figura 119 – Paratia Tipo 1 – Diagramma delle deformate



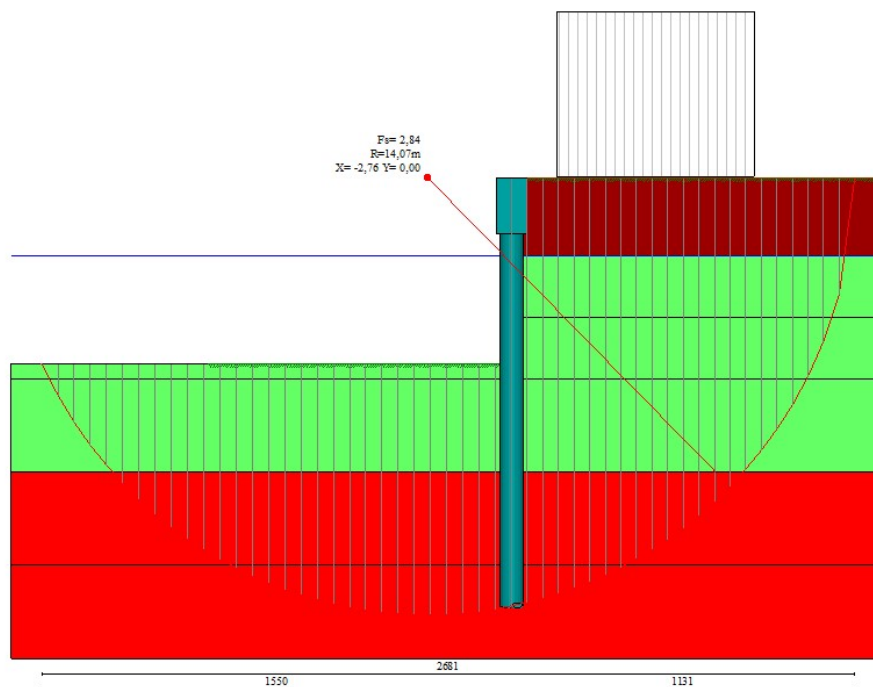


Figura 120 – Paratia Tipo 1 – Verifiche di stabilità globale (Fase 8, SLU)

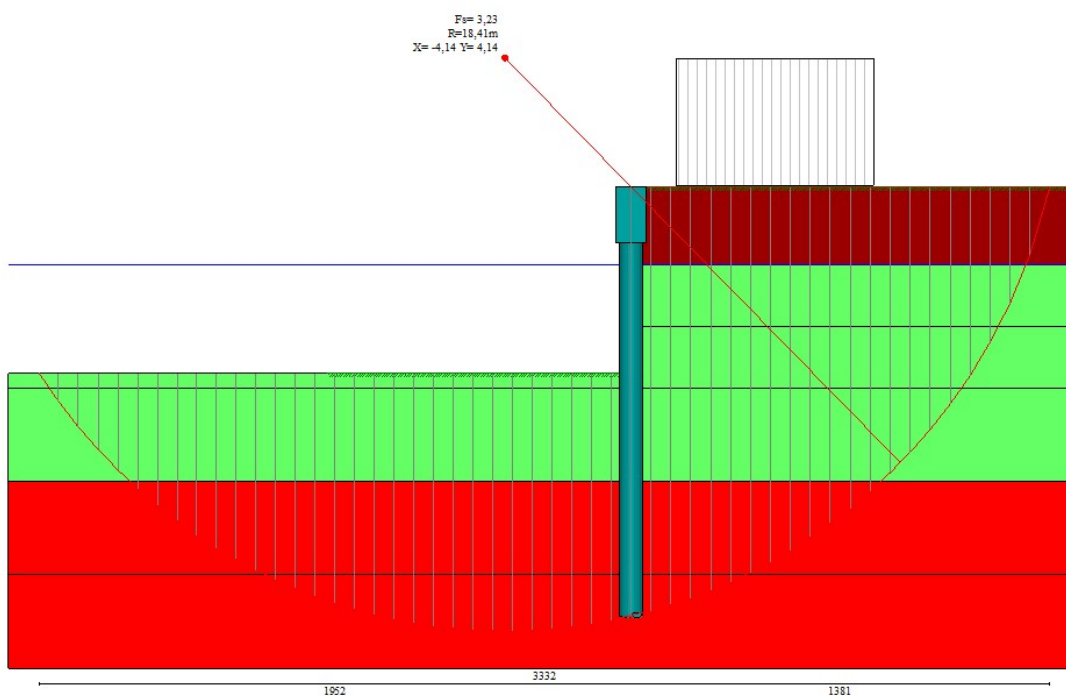


Figura 121 – Paratia Tipo 1 – Verifiche di stabilità globale (Fase 9, SLV)



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

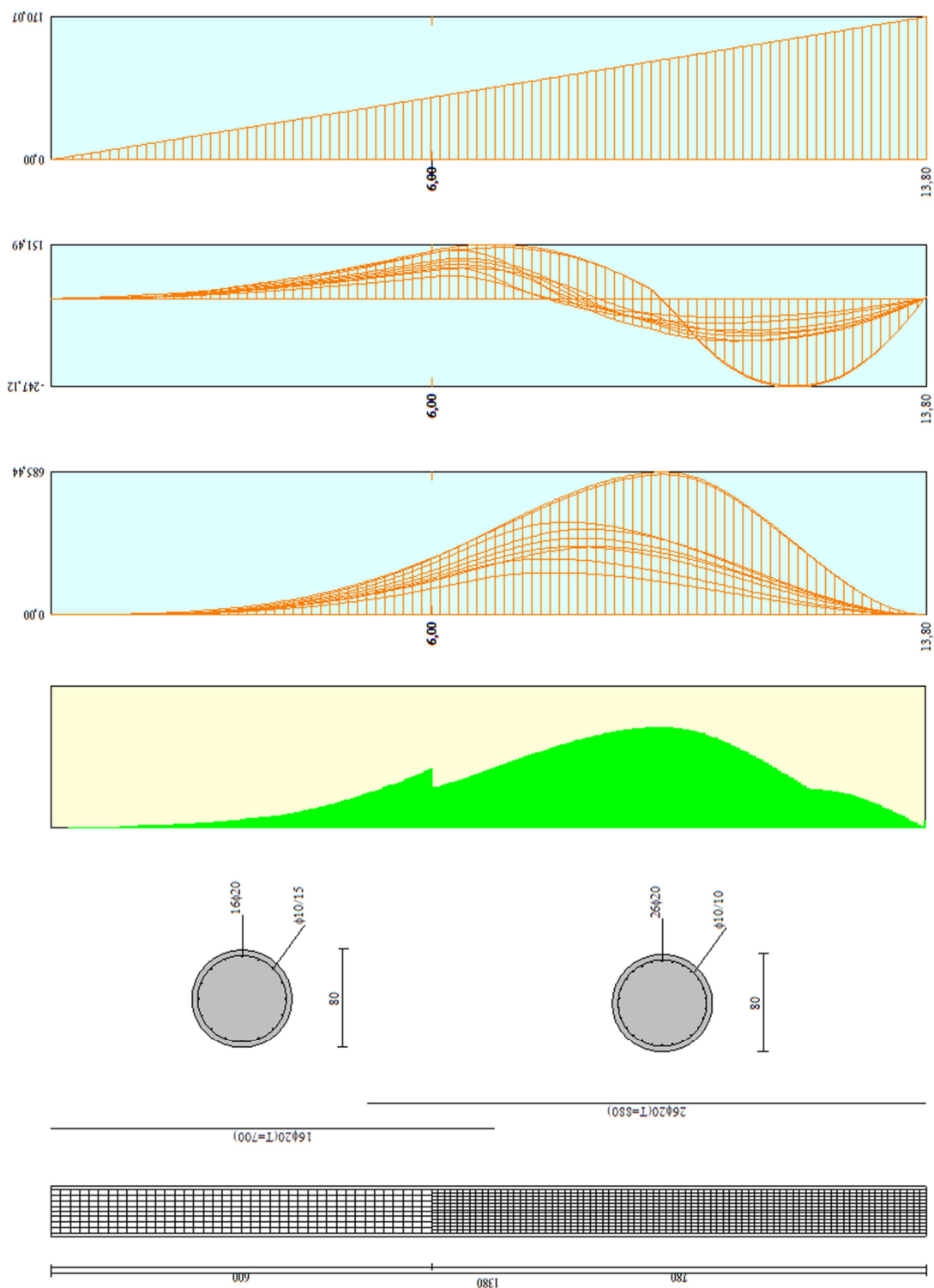


Figura 122 – Paratia Tipo 1 – Verifiche di resistenza strutturali (involuppo)



Armature Cordoli

Cordolo 1 y=0,00 (B=100,00 H=180,00)

Armature lati verticali Nf 8 df 16,0

Armature lati orizzontali Nf 4 df 16,0

Staffe

Passo 20,0 ds 16,0

N.Br.V. 2 N.Br.O. 4

**Verifiche direzione orizzontale**

M = 142,52 kNm Mu = 580,04 kNm FS = 4,07

T = 285,04 kN Tr = 1373,69 kN FST = 4,82

**Verifiche direzione verticale**

M = 20,76 kNm Mu = 807,22 kNm FS = 38,88

T = 42,81 kN Tr = 1253,32 kN FST = 29,28

OK

Accetta Annulla Help

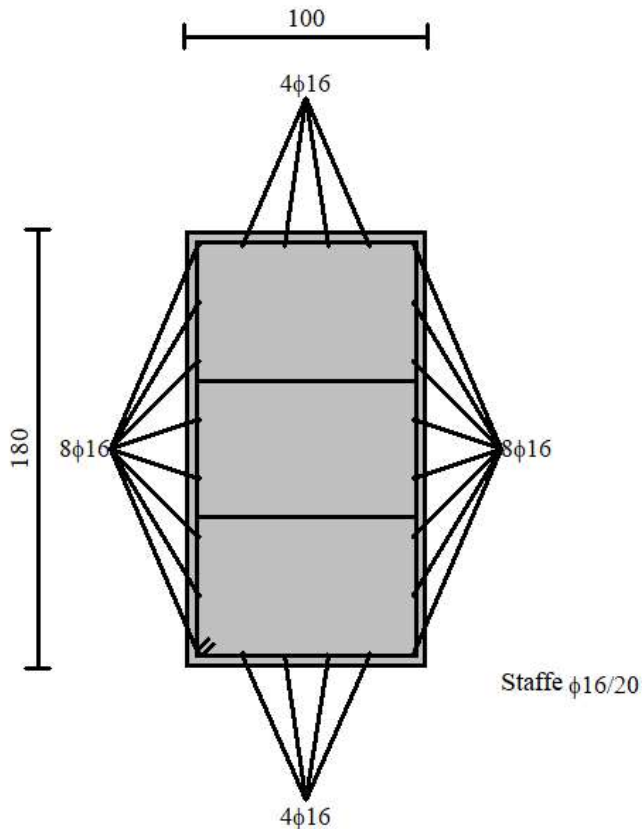


Figura 123 – Paratia Tipo 1 – Verifiche di resistenza cordolo in c.a.



## 8.5.2 Paratia Tipo 2

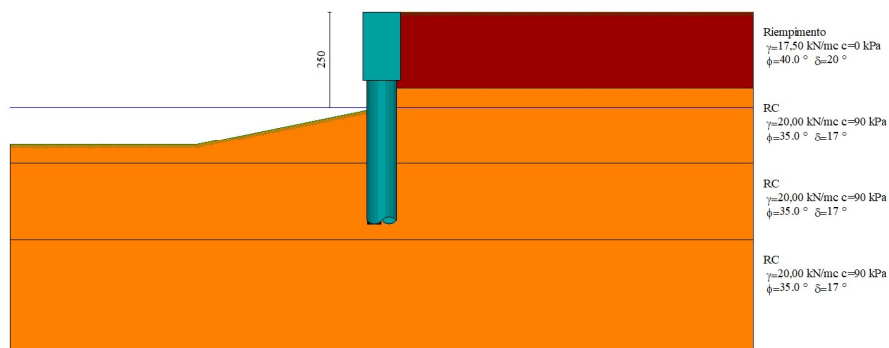


Figura 124 – Paratia Tipo 2 - Fase 1 – Realizzazione paratia Tipo 2; scavo -0,00 m s.l.m.m.

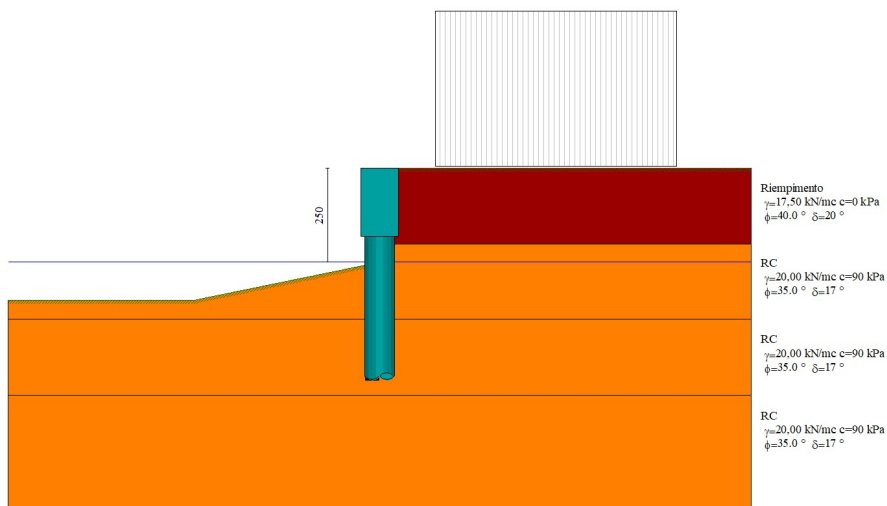


Figura 125 – Paratia Tipo 2 - Fase 2 – Sovraccarico 40 kPa



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

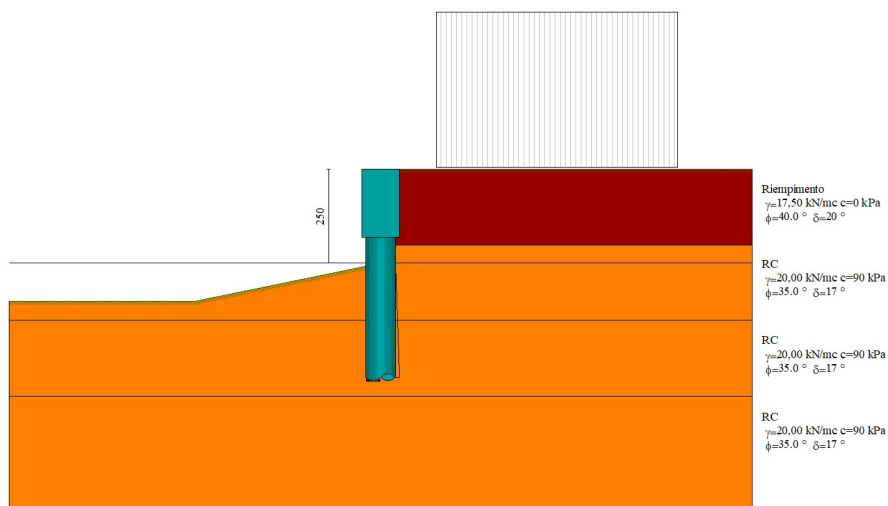


Figura 126 – Paratia Tipo 2 - Fase 3 – Sisma (con spinta idrodinamica)

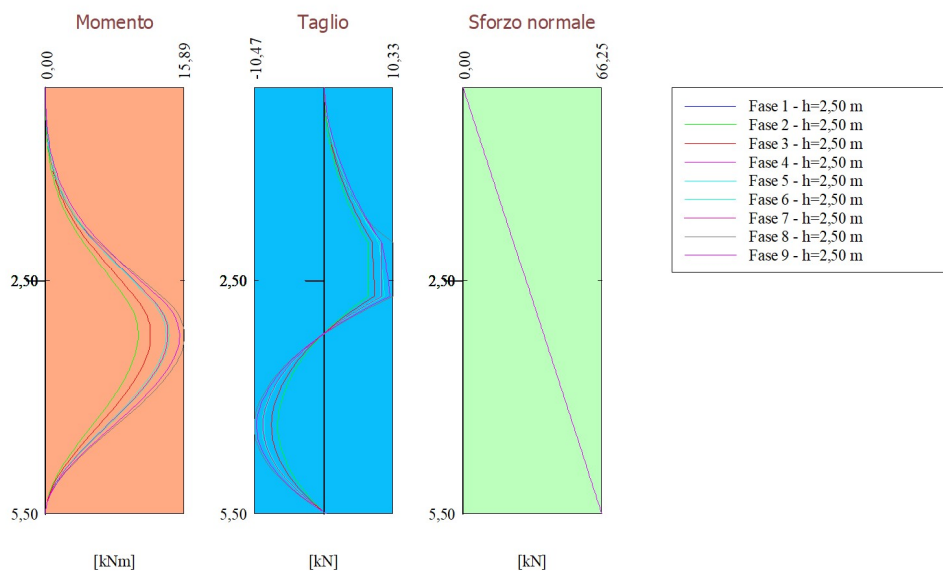


Figura 127 – Paratia Tipo 2 – Diagramma delle sollecitazioni



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

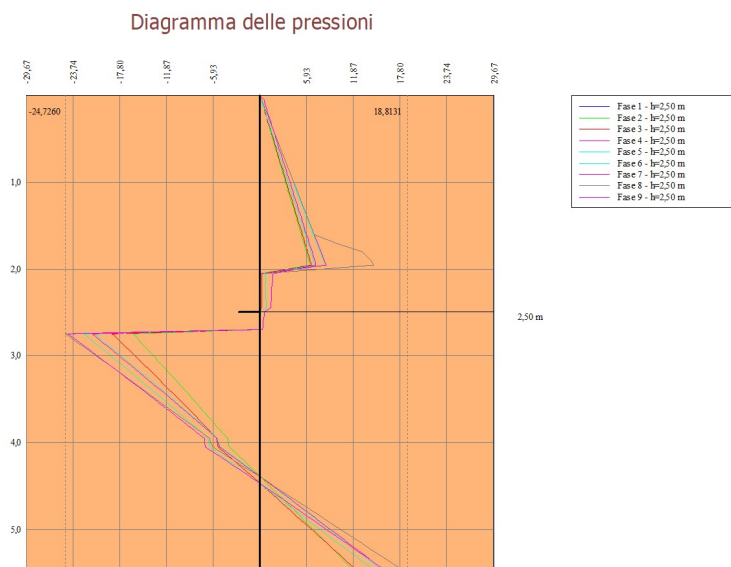


Figura 128 – Paratia Tipo 2 – Diagramma delle pressioni

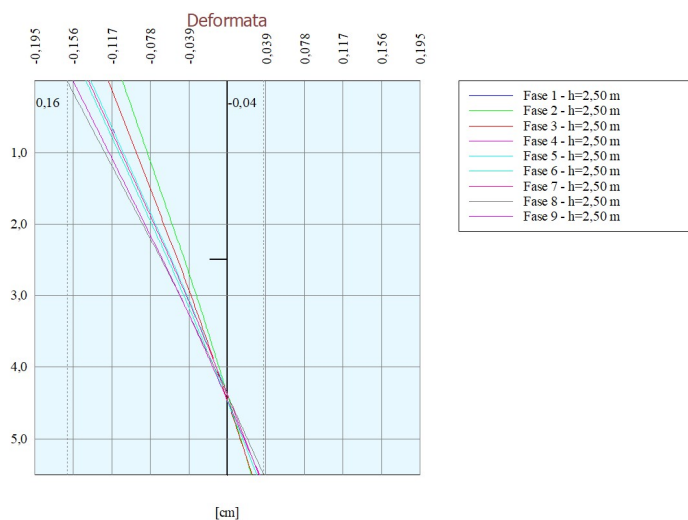


Figura 129 – Paratia Tipo 2 – Diagramma delle deformate



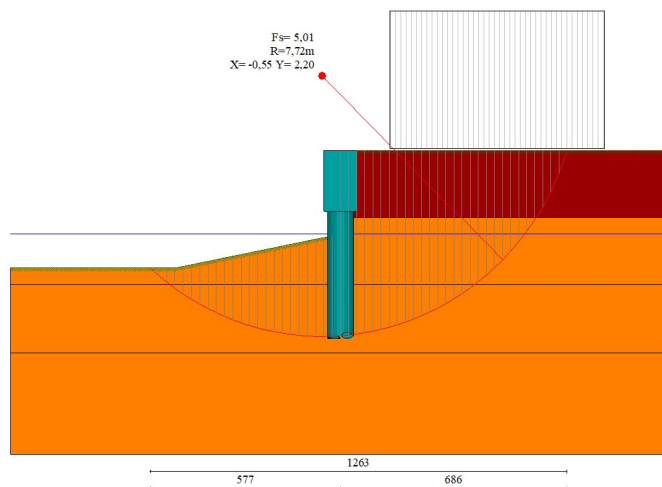


Figura 130 – Paratia Tipo 2 – Verifiche di stabilità globale (Fase 8, SLU)

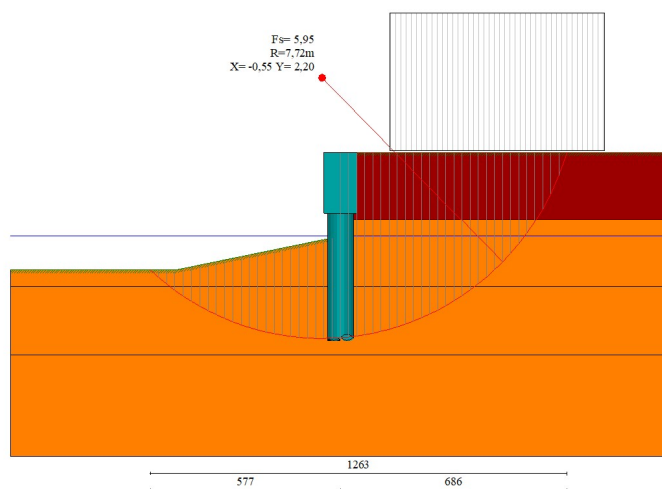


Figura 131 – Paratia Tipo 2 – Verifiche di stabilità globale (Fase 9, SLV)

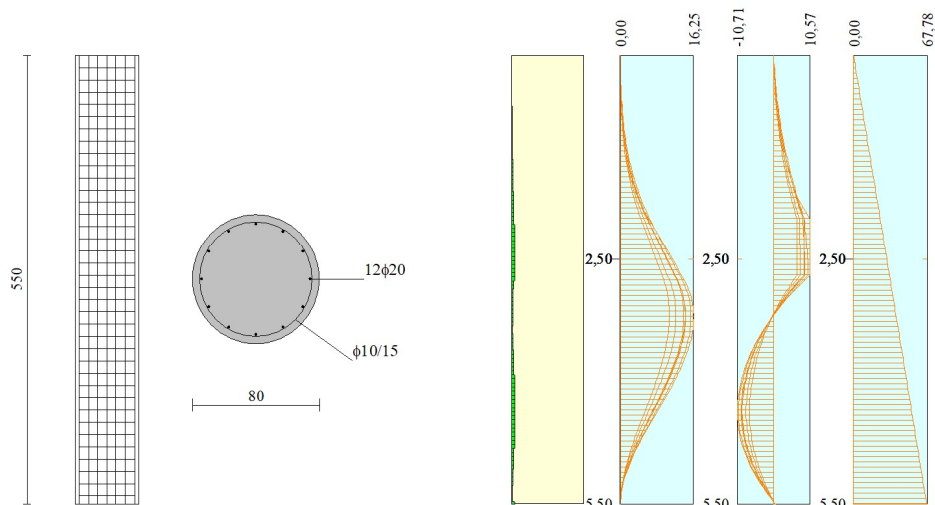


Figura 132 – Paratia Tipo 2 – Verifiche di resistenza strutturali (caso a) (involuppo)

Armature Cordoli

Cordolo:  y=0,00 (B=100,00 H=180,00)

Armature lati verticali: Nf  df

Armature lati orizzontali: Nf  df

Staffe

Passo:  ds

N.Br.V.  N.Br.O.

Verifiche direzione orizzontale

M = 10,48 kNm Mu = 585,05 kNm FS = 55,81

T = 20,96 kN Tr = 1373,69 kN FST = 65,53

Verifiche direzione verticale

M = 20,76 kNm Mu = 811,32 kNm FS = 39,08

T = 42,81 kN Tr = 1253,32 kN FST = 29,28

OK

Accetta Annulla Help

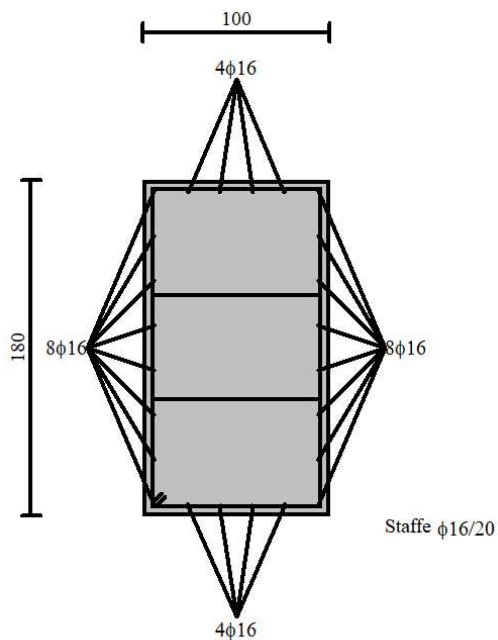


Figura 133 – Paratia Tipo 2 – Verifiche di resistenza cordolo in c.a.



## 9 PLINTO SU PALI

La bitta da 100 t posta alla radice, lato sud, è ancorata ad un blocco in c.a. di dimensioni 3,00x3,00x1,80 m fondato su pali  $\Phi 800$  in c.a. di lunghezza pari a 5,00 m.

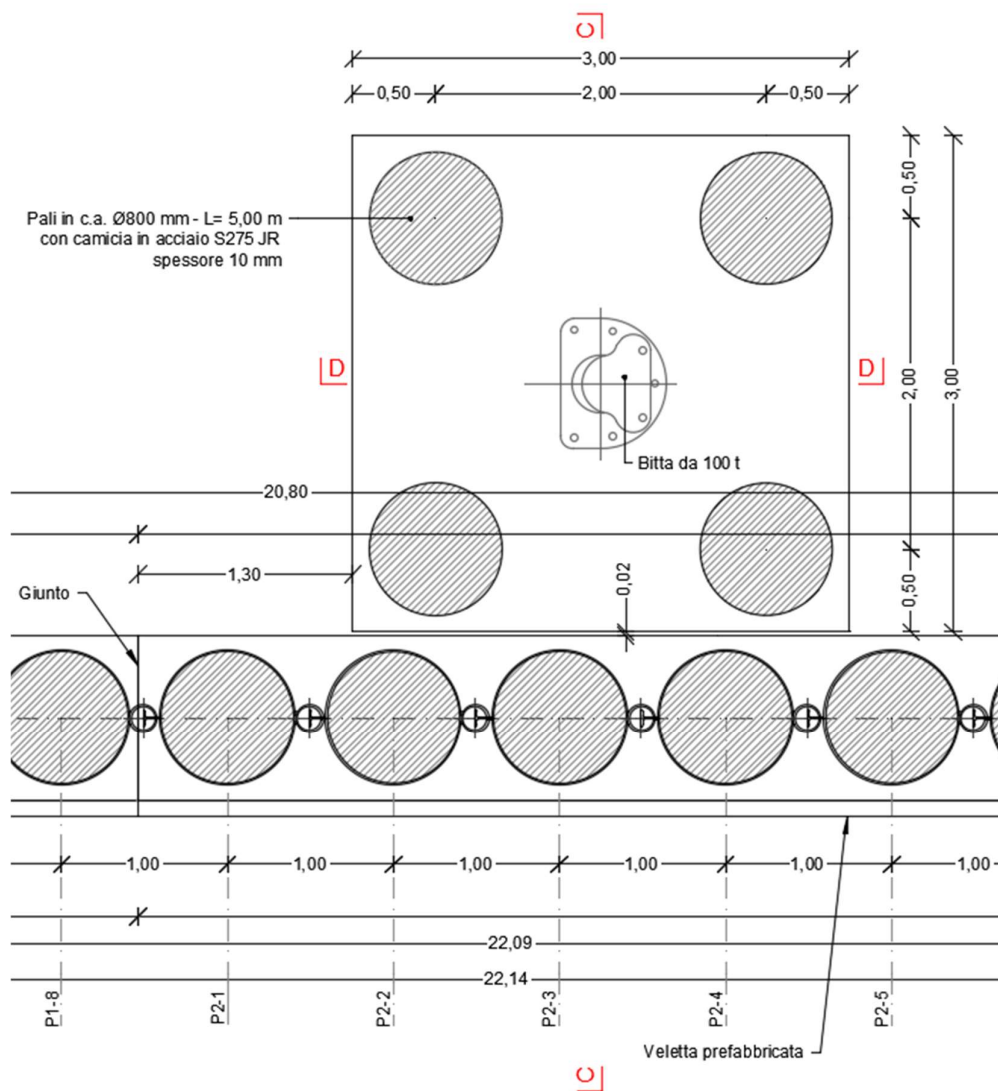


Figura 134 – Ancoraggio bitta da 100 t alla radice, lato sud: planimetria



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

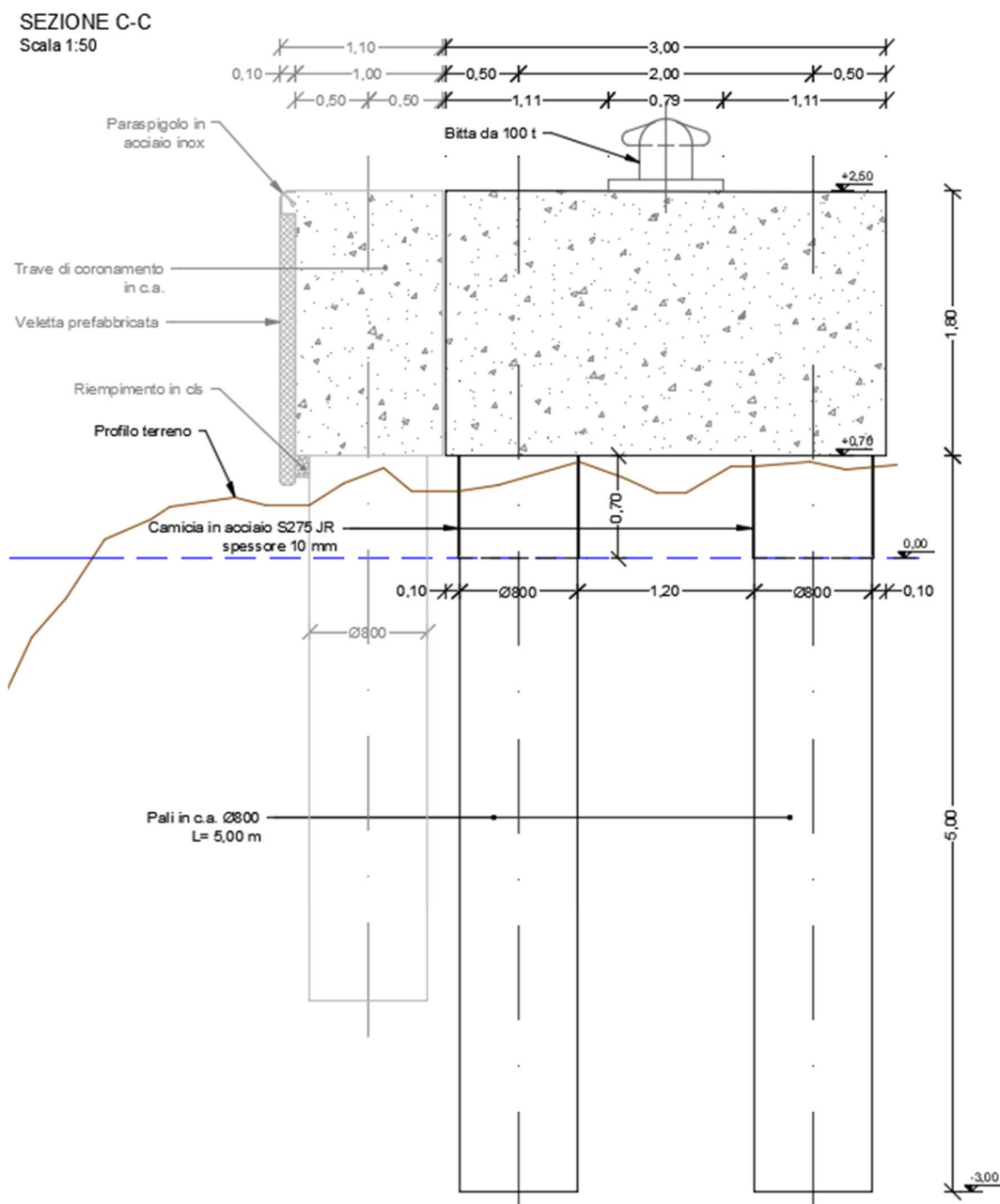


Figura 135 – Ancoraggio bitta da 100 t alla radice, lato sud: sezione trasversale



## 9.1 Azioni

### Carichi permanenti

I carichi permanenti sono i pesi propri del plinto e dei pali.

Larghezza plinto	B	[m]	3,00
Lunghezza plinto	L	[m]	3,00
Altezza plinto	H	[m]	1,80
p.u.v. c.a.	$g_{c.a.}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	25,00
p.u.v. acqua di mare	$g_w$	[kN/m <sup>3</sup> ]	10,10
Volume plinto	V	[m <sup>3</sup> ]	16,20
Peso plinto	W	[kN]	405,00
Momento rispetto alla base	$M_{plinto}$	[kNm]	607,50

Tabella 49 – Carichi permanenti: plinto

Diametro pali	D	[m]	0,80
Lunghezza palo	$L_{palo}$	[m]	5,00
Lunghezza immersa palo	$L_{palo\ imm}$	[m]	4,00
Volume palo	$L_{palo}$	[m]	2,51
numero pali	$n_{pali}$	[-]	4,00
Peso singolo palo	$W_{palo}$	[kN]	62,80
Sottospinta idraulica sul palo	$U_{palo}$	[kN]	20,30
Peso immerso palo	$W'_{palo}$	[kN]	42,50

Tabella 50 – Carichi permanenti: pali

### Carico variabile

L'azione di tiro alla bitta è pari a 1.000 kN. Si considerano due condizioni:

*Condizione 1* Carichi permanenti +Tiro orizzontale:

*Condizione 2* Carichi permanenti +Tiro inclinato di 30° rispetto all'orizzontale

Tiro alla bitta	$T_k$	[kN]	1.000,00
Coeff. Parziale	$\gamma_q$	[-]	1,50
Azione di calcolo	$T_{ed}$	[kN]	1.500,00

Tabella 51 – Carico variabile: tiro alla bitta



## 9.2 Determinazione dei carichi sui pali

Nella *Tabella 52* vengono riportate le azioni sul singolo palo.

L'azione orizzontale è ottenuto dividendo il Componente orizzontale del Risultante delle azioni per il numero di pali.

L'azione verticale è determinata con riferimento allo schema di *Figura 136*, nel quale la piastra di collegamento fra gli  $n$  pali è supposta rigida e non in diretto contatto con il terreno ed è caricata da una forza verticale  $V$  con eccentricità  $e_x$ ,  $e_y$  rispetto al baricentro della palificata. Si assume che ciascun palo si comporti come un elemento elastico indipendente dagli altri. Poiché i pali sono tutti uguali, il carico  $Q_i$  che agisce sul palo  $i$ -esimo di coordinate  $x_i, y_i$  rispetto al baricentro della palificata vale

$$Q_i = \frac{V}{n} + \frac{V e_x}{\sum_{i=1}^n x_i^2} x_i + \frac{V e_y}{\sum_{i=1}^n y_i^2} y_i$$

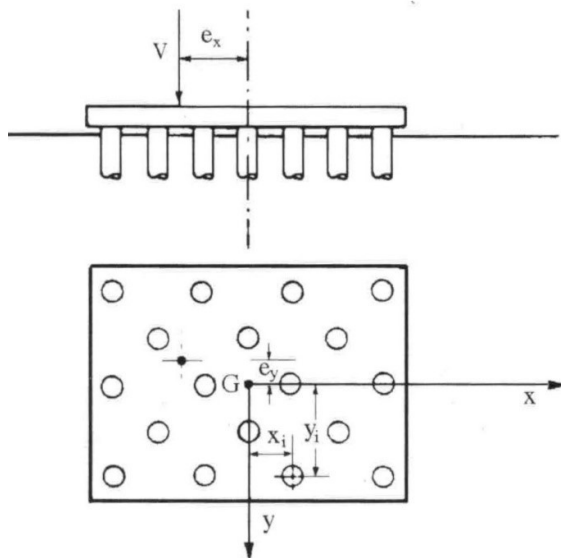


Figura 136 – Schema di riferimento per la determinazione delle azioni sui pali





CONDIZIONE 1 CONDIZIONE 2

Inclinazione rispetto all'orizzontale	a	[°]	0,00	30,00
Componente Orizzontale Tiro	T <sub>h</sub>	[kN]	1.500,00	1.299,04
Componente Verticale Tiro	T <sub>v</sub>	[kN]	0,00	750,00
Momento rispetto alla base del plinto	M	[kNm]	2.700,00	2.338,27

Risultante Tiro + Peso plinto

Componente Orizzontale	T <sub>h</sub>	[kN]	1.500,00	1.299,04
Componente Verticale	T <sub>v</sub>	[kN]	-405,00	345,00
Momento rispetto alla base del plinto	M	[kNm]	2.092,50	1.730,77

>0 verso l'alto

Azione in testa al singolo palo

Distanza lungo x tra baricentro pilo e asse palo		[m]	1,00	1,00
	Th palo	[kN]	375,00	324,76
	Tv palo max	[kN]	421,88	518,94
	Tv palo min	[kN]	-624,38	-346,44

>0 verso l'alto

Azione sul singolo palo, compreso peso immerso del palo

	Th palo	[kN]	375,00	324,76
	Tv palo max	[kN]	406,18	503,24
	Tv palo min	[kN]	-640,08	-362,14

>0 verso l'alto

Tabella 52 – Azioni sui singoli pali

Si evidenzia che a vantaggio di sicurezza si è trascurato l'attrito all'interfaccia orizzontale di fondazione, l'attrito all'interfaccia delle pareti laterali e la resistenza del terreno davanti al plinto.

### 9.3 Verifica a carico limite verticale dei pali

Di seguito si riportano le verifiche a carico limite di trazione dei pali. Le verifiche a compressione, in considerazione dei carichi verticali in gioco, e della formazione calcarenitica compatta affiorante in cui verranno realizzati i pali, non vengono riportate perché banali.

#### 9.3.1 Determinazione del carico limite di trazione

Il carico limite di trazione di un palo si può esprimere come:

$$W_{lim} = \pi d_s L_s s$$

dove  $d_s$  è il diametro,  $L_s$  la lunghezza della zona iniettata,  $s$  la resistenza tangenziale all'interfaccia (adesione).

Thorne ha riassunto alcuni dati a disposizione sui valori di adesione, in funzione della resistenza a compressione semplice della roccia  $\sigma_r$  (vedi figura). Si nota che si sono verificate alcune rotture perfino in rocce relativamente non fratturate, per valori di adesione dell'ordine di 0,1  $\sigma_r$ .

Occorre notare che in molti casi la resistenza del calcestruzzo diventa il fattore determinante, ed in genere l'adesione è pari a 0,05 e 0,2 volte la resistenza a compressione del calcestruzzo  $f'_c$ .

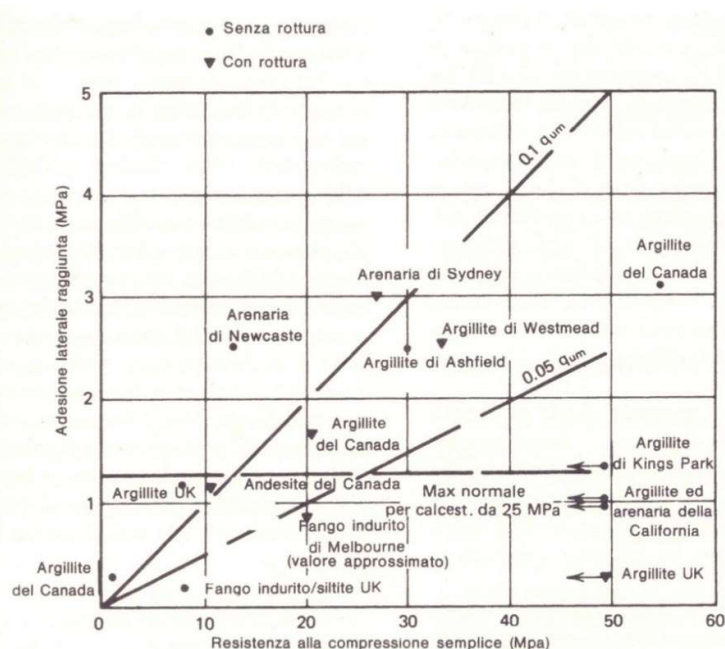


Figura 137 – Adesione ottenuta da prove in situ su pali in roccia (Thorne, 1977)

Freeman et al. (1972) propongono un valore di progetto dell'adesione palo-roccia da 700 kPa a 1.000 kPa., dipendente dalla qualità della roccia.

Sulla base delle informazioni disponibili, si ritiene ragionevole assumere come valore di adesione di progetto il minimo tra  $0,05\sigma_r$  e  $0,05f'_c$  (Poulos & Davis, 1980).

Nel caso in specie, in via assolutamente cautelativa, si assume un valore di adesione  $a$  pari a 200 kPa.

### 9.3.2 Verifiche previste ai sensi delle NTC2018

Le verifiche dei pali vengono eseguite seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Il valore caratteristico della resistenza a carichi di trazione  $R_{ak}$ , è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione  $\xi_{a3}$ ,  $\xi_{a4}$  riportati nella tabella 6.6.III delle NTC alle resistenze limite calcolate con la metodologia sopra illustrata:

$$R_{tk} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 53 – Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate (Tab 6.6.IV NTC2018)



A sua volta, la resistenza di calcolo si ricava dividendo la resistenza caratteristica per il coefficiente parziale, che nel caso di ancoraggi permanenti vale  $\gamma_R = 1,25$

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	$\gamma_R$	(R3)	(R3)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	$\gamma$	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,25	1,25	1,25

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 54 – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali (Tab 6.4.II NTC2018)

Si tiene conto dell'effetto di gruppo, applicando un coefficiente  $E$  di efficienza, calcolato secondo la formula di Converse-Labarre:

$$E = 1 - \frac{\arctan(d/i)}{\pi/2} \frac{(m-1)n + (n-1)m}{m n}$$

dove  $i$  è l'interasse tra i pali,  $d$  il diametro,  $m$  il numero di file di pali,  $n$  il numero di pali in una fila.



### 9.3.3 Risultati

Nella *Tabella 55* si riportano le verifiche a carico limite di trazione dei pali.

#### Carico limite a trazione del palo

Diametro palo	D	[m]	0,80
Lunghezza	L	[m]	4,50
Superficie laterale	S	[m <sup>2</sup> ]	11,30
Adesione	a	[kPa]	200,00
Carico limite di trazione	T <sub>p</sub>	[kN]	2.260,80
interasse pali	i	[m]	1,00
n° file di pali	m	[-]	2
n° pali in una fila	n	[-]	2

#### Verifica: Approccio 2 (A1 M1 R3)

Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3$	[-]	1,70
	$\xi_4$	[-]	1,70
Carico limite verticale caratteristico palo	R <sub>lim,t,K</sub>	[kN]	1.329,88

Coeff. Resistenza totale	$\gamma_R$	[-]	1,25
Carico limite verticale di progetto del singolo palo	R <sub>lim,t,d</sub> =	[kN]	1.063,91
Efficienza di gruppo	E =	[-]	0,57
Carico limite verticale di progetto del singolo palo in gruppo	R <sub>lim,t,d,g</sub> =	[kN]	606,67

			CONDIZIONE 1	CONDIZIONE 2
Azione verticale di calcolo agente sul singolo palo	T <sub>Ed</sub> =	[kN]	406,18	503,24
Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	F = R <sub>lim,t,d,g</sub> / T <sub>Ed</sub>	[-]	1,49	1,21

*Tabella 55 – Verifica del carico limite di trazione*

Come già evidenziato, i coefficienti di sicurezza così determinati sono estremamente cautelativi, avendo tenuto conto di caratteristiche del terreno penalizzanti rispetto a quelle effettive. Si può concludere che i reali coefficienti di sicurezza siano ampiamente superiori.

## 9.4 Verifica a carico limite orizzontale

### 9.4.1 Determinazione del carico limite orizzontale

Il carico limite orizzontale  $H_{lim,s}$  del singolo palo è stato valutato con la teoria di Broms nell'ipotesi che il palo sia installato in un mezzo omogeneo di tipo coesivo. Il palo è stato considerato con rotazione in testa impedita.

Vengono identificati tre meccanismi di rottura, illustrati nella seguente figura:

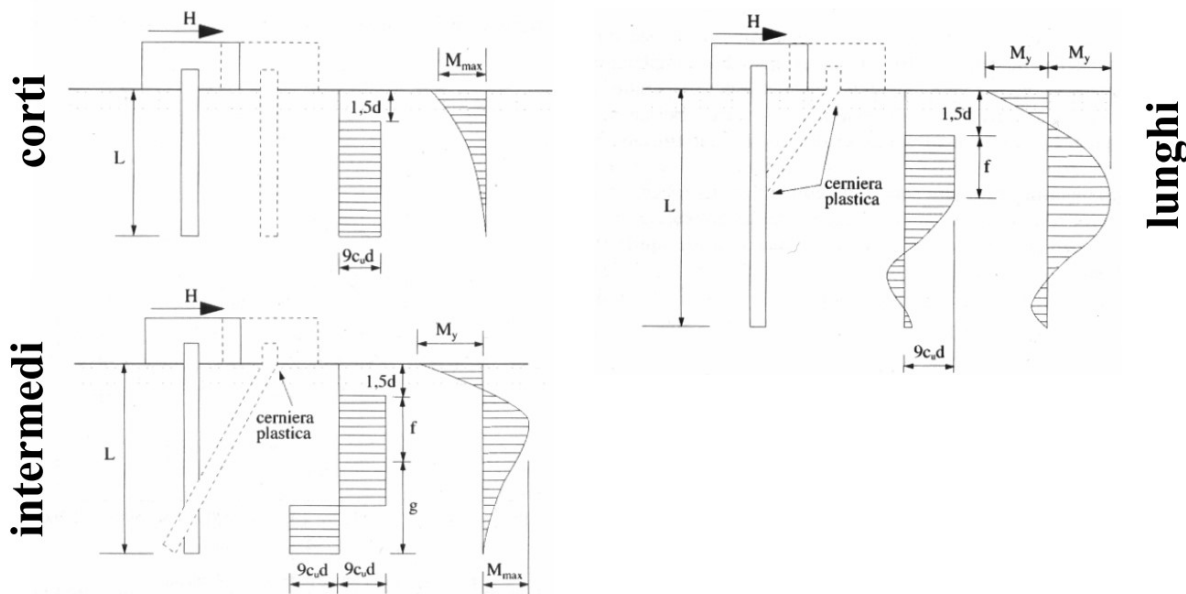


Figura 138 – Meccanismi di rottura per carico limite orizzontale

### PALO CORTO

L'equilibrio alla traslazione orizzontale fornisce:

$$\frac{H_{lim}}{c_u d^2} = 9 \left( \frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

L'assunzione di palo corto è valida se  $M_{max} \leq M_y$ . A tal fine, può calcolarsi:

$$\frac{M_{max}}{c_u d^3} = 4.5 \left( \frac{L}{d} \right)^2 - 10.125$$

### PALO INTERMEDIO

Per il palo intermedio si ha la formazione di una sola cerniera plastica all'attacco con la struttura di fondazione.

Imponendo l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene:

$$H_{lim} = 9c_u d f$$

Tenendo conto di questa espressione ed imponendo l'equilibrio alla rotazione attorno alla cerniera plastica si ottiene:



$$\frac{H_{\lim}}{c_u d^2} = -9 \left( \frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9 \sqrt{2 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4M_y}{9c_u d^3} + 4.5}$$

H risulta quindi anche funzione di  $M_y$ , oltre che di  $c_u$ ,  $d$  e  $L$ .

### PALO LUNGO

Per il palo lungo si ha la formazione della seconda cerniera plastica. Il carico limite orizzontale si trova dalla seguente:

$$\frac{H_{\lim}}{c_u d^2} = -13.5 + \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

Nel caso in cui il palo non è corto si ha:

$$H_{\lim} = \min (H_{lungo}; H_{corto})$$

Il carico limite del singolo palo in gruppo è:

$$H_{\lim g} = E H_{\lim s}$$

dove  $E$  è l'efficienza del gruppo, funzione del rapporto tra l'interasse e il diametro dei pali.

### 9.4.2 Verifiche previste ai sensi delle NTC2018

Le verifiche dei pali vengono eseguite considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3). A favore di sicurezza, la verifica viene effettuata nei confronti del palo più sollecitato, anziché della palificata, come invece previsto dal §6.4.3.1 delle NTC2018.

Il valore caratteristico della resistenza a carichi trasversali  $R_{trk}$ , è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione  $\xi_3$ ,  $\xi_4$  riportati nella tabella 6.4.IV delle NTC alle resistenze limite  $R_{ccal}$  ( $\equiv H_{\lim}$ ) calcolate con la metodologia sopra illustrata:

$$R_{ck} = \min \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{medio}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
$\xi_4$	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 56 – Fattori di correlazione in funzione del numero verticali indagate (Tab.6.4.IV NTC2018)

Il carico limite di calcolo del singolo palo in gruppo è pari a  $H_{\lim g_d} = H_{\lim g} / \gamma_R$ , dove  $\gamma_R = 1,3$  è il coefficiente parziale di resistenza per pali soggetti a carichi trasversali (Tab 6.4.VI delle NTC2018).





### 9.4.3 Risultati

E' stato assunto un valore di coesione pari a 2MPa. Ciò equivale, ad una resistenza a compressione semplice pari a 4 MPa, valore cautelativo per la formazione in oggetto.

Nelle figure seguenti sono riportate le determinazioni dei momenti di plasticizzazione nelle condizioni 1 e 2.

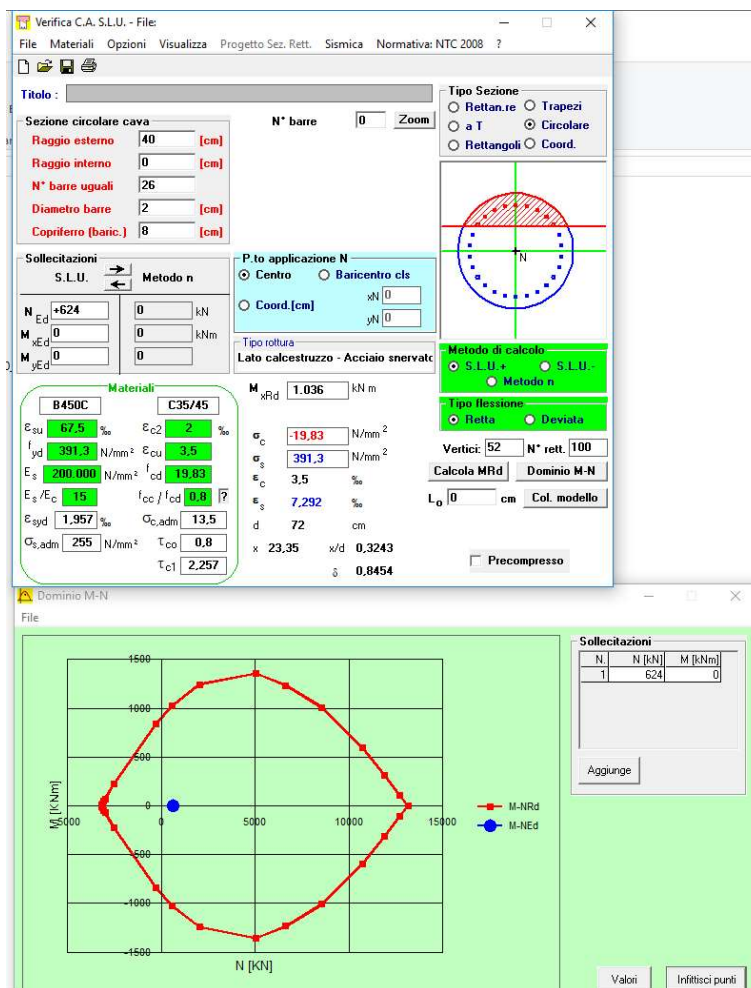


Figura 139 – Determinazione del momento di plasticizzazione: Condizione 1 – palo anteriore

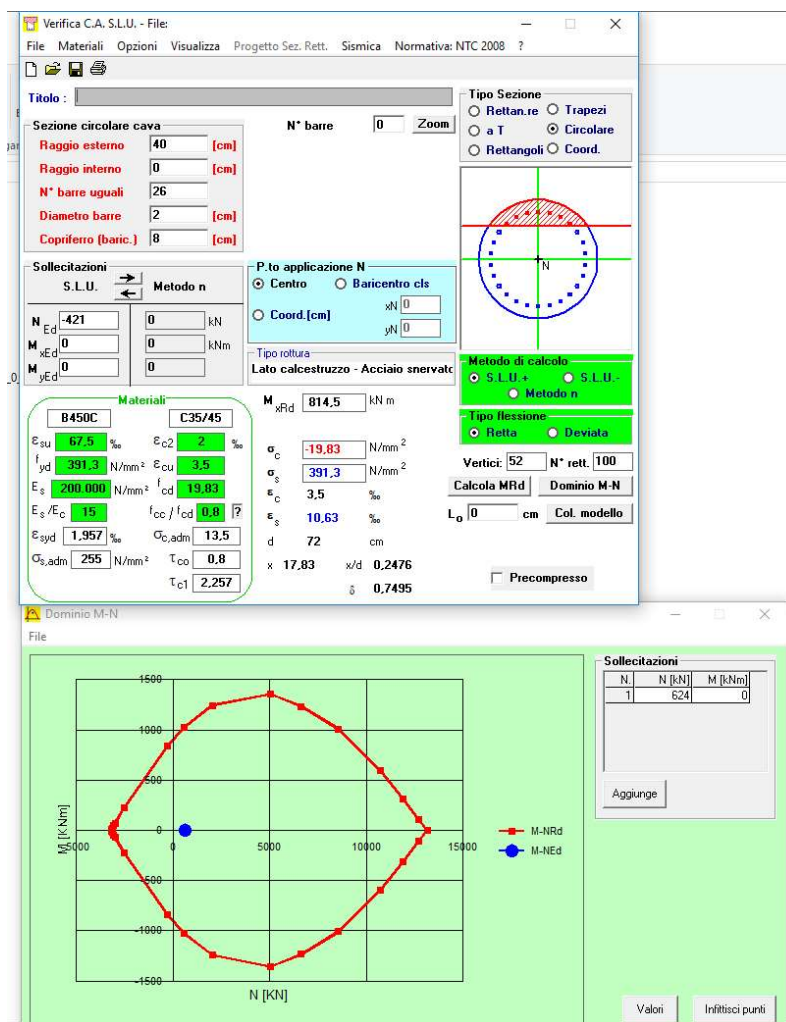


Figura 140 – Determinazione del momento di plasticizzazione: Condizione 1 – palo posteriore



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

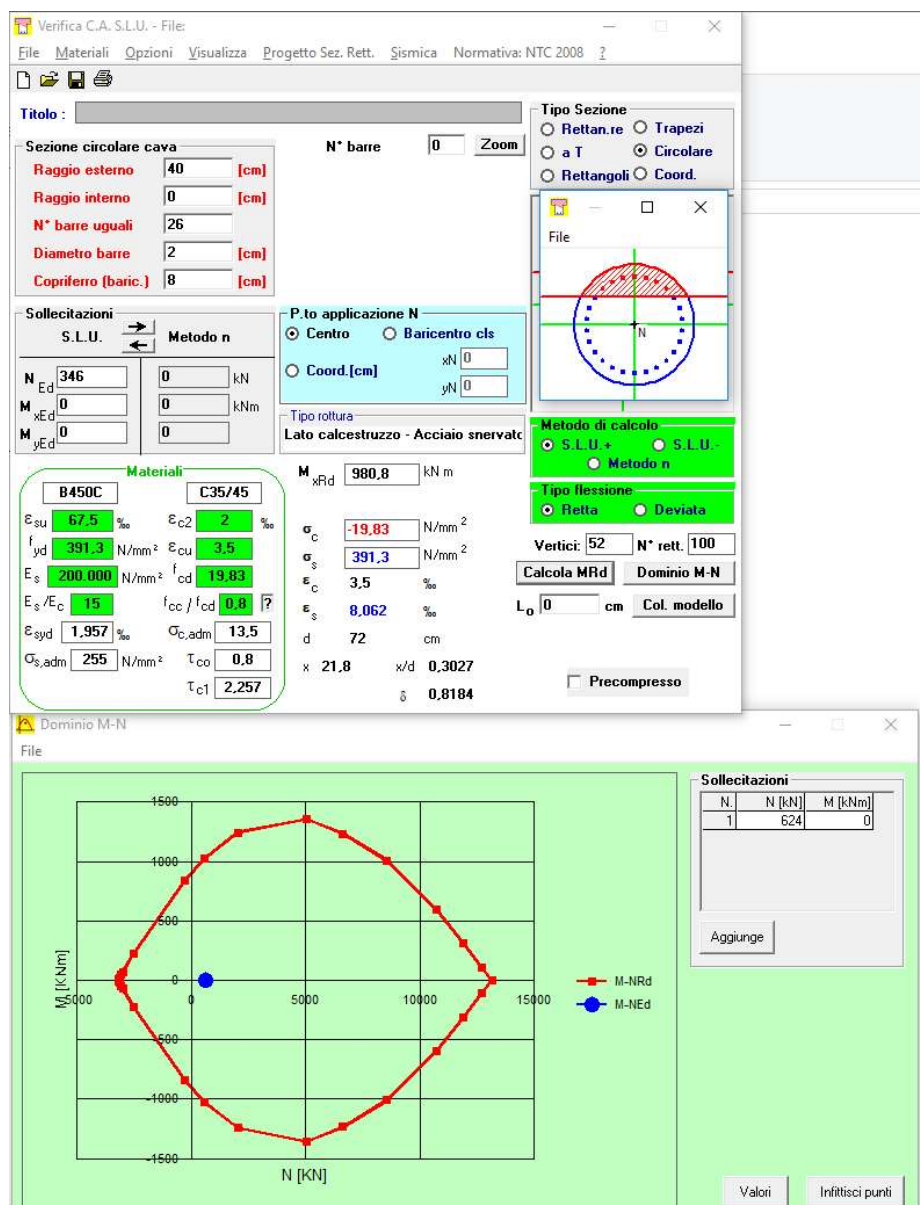


Figura 141 – Determinazione del momento di plasticizzazione: Condizione 2 – palo anteriore



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

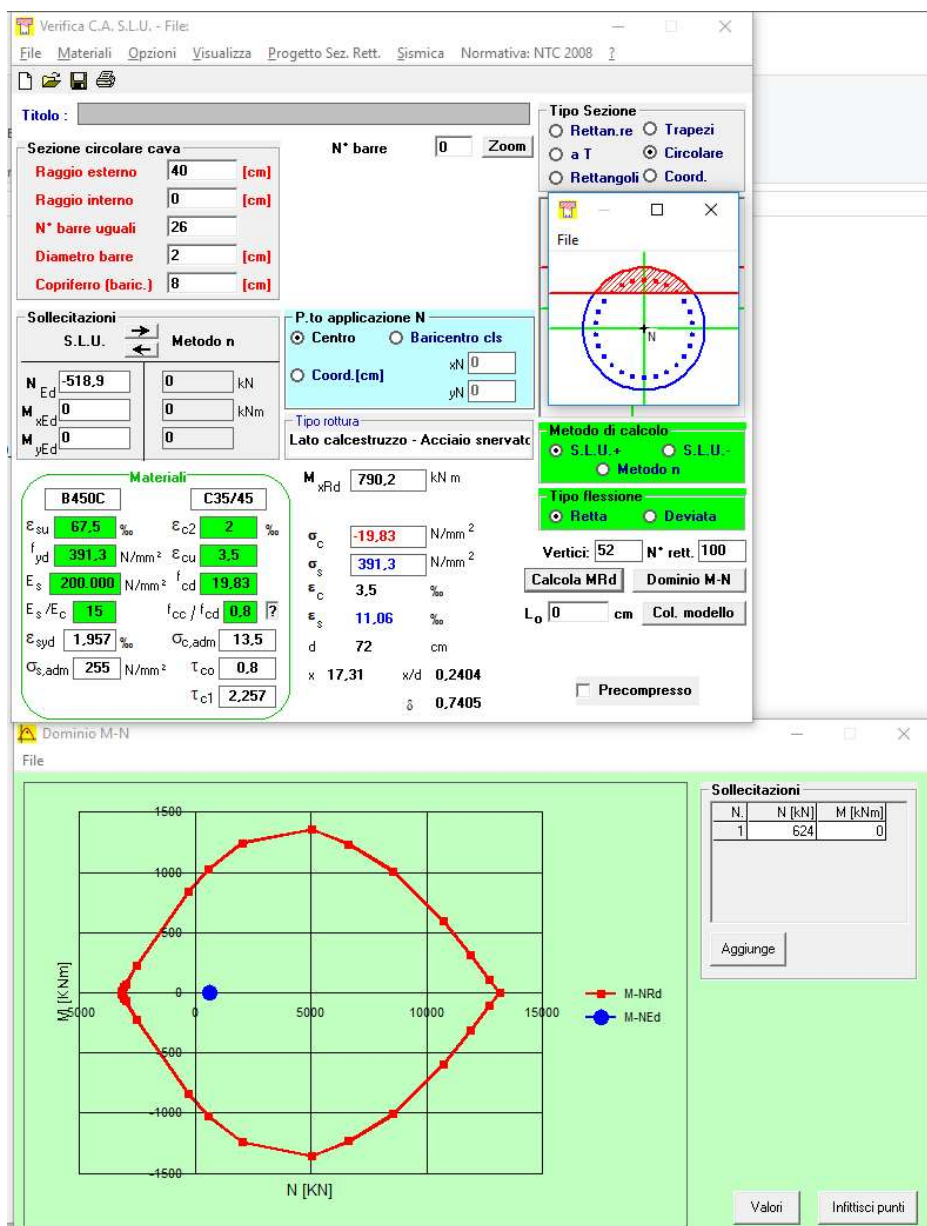


Figura 142 – Determinazione del momento di plasticizzazione: Condizione 2 – palo posteriore



Lunghezza palo	$L=$	[m]	4,50
eccentricità	$e=$	[m]	0,00
Diametro palo	$d=$	[m]	0,80
	$L/d=$	[-]	5,63
	$e/d=$	[-]	0,00

			CONDIZIONE 1		CONDIZIONE 2	
			PALO ANTERIORE	PALO POSTERIORE	PALO ANTERIORE	PALO POSTERIORE
Sforzo normale di calcolo (>0 se di trazione)	$N_{Ed}=$	[N]	-624.380,00	421.880,00	-346.440,00	518.940,00
Momento di plasticizzazione della sezione trasv. del palo	$M_y=$	[Nm]	1.036.000,00	814.300,00	832.800,00	790.200,00
Coesione	$c_u=$	[Pa]	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00	2.000.000,00
	$c_u \cdot d^2=$	[N]	1.280.000,00	1.280.000,00	1.280.000,00	1.280.000,00

**PALO CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA**

Carico limite orizzontale per "palo corto"	$H_{corto}=$	[N]	47.520.000,00	47.520.000,00	47.520.000,00	47.520.000,00
Momento flettente massimo per "palo corto"	$M_{max}=$	[Nm]	135.432.000,00	135.432.000,00	135.432.000,00	135.432.000,00
Carico limite orizzontale per "palo medio"	$H_{medio}=$	[N]	13.077.503,12	13.010.380,59	13.015.983,51	13.003.081,14
Carico limite orizzontale per "palo lungo"	$H_{lungo}=$	[N]	1.648.074,39	1.307.686,25	1.336.328,32	1.270.307,81
Tipo di meccanismo	Tipo		Lungo	Lungo	Lungo	Lungo
Carico limite orizzontale	$H=$	[N]	1.648.074,39	1.307.686,25	1.336.328,32	1.270.307,81

**Verifica: Approccio 2 (A1 M1 R3)**

			CONDIZIONE 1		CONDIZIONE 2	
Coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate	$\xi_3=$	[-]	1,70	1,70	1,70	1,70
	$\xi_4=$	[-]	1,70	1,70	1,70	1,70
Carico limite orizzontale caratteristico palo	$Q_{lim,h,K}=$	[kN]	969,46	769,23	786,08	747,24

Coeff. Resistenza totale	$\gamma_t=$	[-]	1,30	1,30	1,30	1,30
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo	$Q_{lim,h,d}=$	[kN]	745,74	591,71	604,67	574,80
Efficienza di gruppo	$E=$	[-]	0,65	0,65	0,65	0,65
Carico limite orizzontale di progetto del singolo palo in gruppo	$Q_{lim,h,d,g}=$	[kN]	484,73	384,61	393,04	373,62
Azione orizzontale di calcolo agente sul singolo palo	$H_{Ed}=$	[kN]	375,00	375,00	324,76	324,76

Coefficiente di Sicurezza a carico limite verticale	$F=Q_{lim,h,d,g}/H_{Ed}=$	[-]	1,29	1,03	1,21	1,15
---	---------------------------	-----	------	------	------	------

**Tabella 57 – Verifica a carico limite orizzontale**

Come già evidenziato in precedenza, nella determinazione delle azioni sui pali, a vantaggio di sicurezza si è trascurato l'attrito all'interfaccia orizzontale di fondazione, l'attrito all'interfaccia delle pareti laterali e la resistenza del terreno davanti al plinto.

Inoltre l'applicazione dei coefficienti di riduzione funzione del numero di verticali indagate pari a entrambi a 1,70 prevista dalle NTC, considerata la manifesta presenza della formazione di calcarenite compatta, risulta assai cautelativa nel caso in specie.

Si ritiene pertanto che i margini di sicurezza siano adeguati.



## A APPENDICE

### A.1 Determinazione dei risultanti in fondazione “senza sovraccarico sul cassone”

La determinazione dei risultanti in fondazione con sovraccarico è riportato nella Relazione tecnica di verifica di stabilità dei cassoni cellulari, a proposito delle verifiche a schiacciamento. Di seguito si riporta la determinazione dei risultanti “senza sovraccarico”.

#### Diga a parete verticale

##### Cassone tipo A

###### Combinazione-1 (ECC)

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_r$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{oi}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	12,19	1.367.830,19	1,00	-	112.187,96	1.367.830,19
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	38.681,17	6,55	253.237,51	1,00	-	38.681,17	253.237,51
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	22.840,35	14,33	327.378,30	1,00	-	22.840,35	327.378,30
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	5,34	50.426,69	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	89.347,62
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	38.681,17
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.367.830,19
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	580.615,81
Eccentricità	e	[m]	2,69
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	223,99
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	39,29

###### Combinazione-2 (ECC)

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_M$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{oi}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	10,81	1.212.492,98	1,00	-	112.187,96	1.212.492,98
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	13.075,07	2,80	36.628,60	1,00	-	13.075,07	36.628,60
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	32.038,86	8,67	277.670,14	1,00	-	32.038,86	277.670,14
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	17,66	166.766,91	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	144.226,83
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	13.075,07
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.490.163,12
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	36.628,60
Eccentricità	e	[m]	1,42
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	291,32
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	133,68





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-3a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	12,19	1.367.830,19	1,00	-	112.187,96	1.367.830,19
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	29.644,44	7,94	235.401,19	1,50	-	44.466,67	353.101,78
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	18.408,75	14,33	263.858,82	1,50	-	27.613,13	395.788,23
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	5,34	50.426,69	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	84.574,83
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	44.466,67
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.367.830,19
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	748.890,01
Eccentricità	e	[m]	4,18
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	21,95
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	261,08
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	0,00

**Combinazione-3b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	12,19	1.367.830,19	1,30	-	145.844,35	1.778.179,24
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	29.644,44	7,94	235.401,19	1,50	-	44.466,67	353.101,78
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	18.408,75	14,33	263.858,82	1,50	-	27.613,13	395.788,23
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	5,34	50.426,69	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	118.231,22
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	44.466,67
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.778.179,24
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	748.890,01
Eccentricità	e	[m]	2,79
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	301,17
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	47,22



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-4a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_\alpha$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	10,81	1.212.492,98	1,00	-	112.187,96	1.212.492,98
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	11.665,18	2,92	34.064,75	1,50	-	17.497,77	51.097,12
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	26.846,54	8,67	232.670,04	1,50	-	40.269,82	349.005,07
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	17,66	166.766,91	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	152.457,78
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	17.497,77
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.561.498,05
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	51.097,12
Eccentricità	e	[m]	1,59
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	317,97
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	131,28

**Combinazione-4b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_\alpha$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	10,81	1.212.492,98	1,30	-	145.844,35	1.576.240,87
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	11.665,18	2,92	34.064,75	1,50	-	17.497,77	51.097,12
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	26.846,54	8,67	232.670,04	1,50	-	40.269,82	349.005,07
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	17,66	166.766,91	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	186.114,17
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	17.497,77
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.925.245,94
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	51.097,12
Eccentricità	e	[m]	1,43
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	376,51
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	171,91



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-5 (SLV)**

Peso proprio cassone in opera + Sisma

Ribaltamento rispetto a O<sub>M</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{2i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	10,81	1.212.492,98	-	-	112.187,96	1.212.492,98
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	17,66	166.766,91	-	0,0	0,00	0,00
Spinta idrodinamica	429,77	5,28	2.269,18	-	-	429,77	2.269,18
Azione Sismica orizzontale su Cassone	4.712,77	6,31	29.742,34	-	-	4.712,77	29.742,34
Azione Sismica verticale su Cassone	2.356,38	11,03	25.991,64	-	-	2.356,38	25.991,64
Azione Sismica su sovraccarico - orizzontale	269,13	11,30	3.041,18	-	0,0	0,00	0,00
Azione Sismica su sovraccarico - verticale	134,57	17,66	2.376,43	-	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	109.831,58
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	5.142,54
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.212.492,98
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	58.003,16
Eccentricità	e	[m]	0,99
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	203,55
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	120,09

**Combinazione-6 (ECC)**

Peso proprio cassone in opera + Urto Eccezionale

Ribaltamento rispetto a O<sub>M</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{2i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	112.187,96	10,81	1.212.492,98	-	-	112.187,96	1.212.492,98
SOVRACCARICO SU CASSONE	9.443,20	17,66	166.766,91	-	0,0	0,00	0,00
URTO ECCEZIONALE	10.200,00	8,80	89.760,00	-	-	10.200,00	89.760,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	112.187,96
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	10.200,00
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.212.492,98
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	89.760,00
Eccentricità	e	[m]	1,49
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	229,64
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	100,94



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

## Cassone tipo B

**Combinazione-1 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_T$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{0i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	11,00	1.143.957,89	1,00	-	104.025,28	1.143.957,89
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	35.966,19	8,18	294.178,77	1,00	-	35.966,19	294.178,77
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	20.263,13	14,33	290.438,15	1,00	-	20.263,13	290.438,15
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	83.762,16
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	35.966,19
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.143.957,89
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	584.616,93
Eccentricità	e	[m]	4,82
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	20,03
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	283,37
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	0,00

**Combinazione-2 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_M$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{0i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	12,00	1.248.623,62	1,00	-	104.025,28	1.248.623,62
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	16.871,07	4,45	75.078,17	1,00	-	16.871,07	75.078,17
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	22.832,51	8,67	197.881,79	1,00	-	22.832,51	197.881,79
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	126.857,80
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	16.871,07
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.446.505,40
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	75.078,17
Eccentricità	e	[m]	0,69
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	220,51
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	153,30



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-3a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	11,00	1.143.957,89	1,00	-	104.025,28	1.143.957,89
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	28.499,84	8,96	255.448,22	1,50	-	42.749,76	383.172,32
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	16.120,25	14,33	231.056,88	1,50	-	24.180,37	346.585,32
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	79.844,91
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	42.749,76
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.143.957,89
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	729.757,65
Eccentricità	e	[m]	6,31
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	15,56
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{\max}$	[kPa]	347,72
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{\min}$	[kPa]	0,00

**Combinazione-3b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	11,00	1.143.957,89	1,30	-	135.232,87	1.487.145,26
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	28.499,84	8,96	255.448,22	1,50	-	42.749,76	383.172,32
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	16.120,25	14,33	231.056,88	1,50	-	24.180,37	346.585,32
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	111.052,50
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	42.749,76
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.487.145,26
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	729.757,65
Eccentricità	e	[m]	4,68
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	20,46
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{\max}$	[kPa]	367,86
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{\min}$	[kPa]	0,00



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-4a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr= 25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_\alpha$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	12,00	1.248.623,62	1,00	-	104.025,28	1.248.623,62
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	15.202,69	4,63	70.445,59	1,50	-	22.804,04	105.668,38
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	18.902,58	8,67	163.822,32	1,50	-	28.353,86	245.733,48
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	132.379,15
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	22.804,04
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.494.357,10
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	105.668,38
Eccentricità	e	[m]	1,01
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	246,42
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	143,66

**Combinazione-4b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_\alpha$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	12,00	1.248.623,62	1,30	-	135.232,87	1.623.210,70
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	15.202,69	4,63	70.445,59	1,50	-	22.804,04	105.668,38
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	18.902,58	8,67	163.822,32	1,50	-	28.353,86	245.733,48
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	163.586,73
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	22.804,04
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.868.944,18
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	105.668,38
Eccentricità	e	[m]	0,72
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	286,36
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	195,68





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-5 (SLV)** Peso proprio cassone in opera + Sisma

Ribaltamento rispetto a  $O_M$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_2$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	12,00	1.248.623,62	-	-	104.025,28	1.248.623,62
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	-	0,0	0,00	0,00
Spinta idrodinamica	799,16	7,20	5.753,94	-	-	799,16	5.753,94
Azione Sismica orizzontale su Cassone	5.023,78	7,05	35.438,19	-	-	5.023,78	35.438,19
Azione Sismica verticale su Cassone	2.511,89	11,80	29.632,46	-	-	2.511,89	29.632,46
Azione Sismica su sovraccarico - orizzontale	534,90	14,50	7.756,02	-	0,0	0,00	0,00
Azione Sismica su sovraccarico - verticale	267,45	13,72	3.669,40	-	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	101.513,40
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	5.822,93
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.248.623,62
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	70.824,58
Eccentricità	e	[m]	0,10
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	153,56
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	145,57

**Combinazione-6 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Urto Eccezionale

Ribaltamento rispetto a  $O_M$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_2$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	104.025,28	12,00	1.248.623,62	-	-	104.025,28	1.248.623,62
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	-	0,0	0,00	0,00
URTO ECCEZIONALE	10.200,00	12,00	122.400,00	-	-	10.200,00	122.400,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	104.025,28
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	10.200,00
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.248.623,62
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	122.400,00
Eccentricità	e	[m]	0,67
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	180,19
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	126,33



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

## Cassone tipo C

**Combinazione-1 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_T$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{0i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	10,73	1.341.500,43	1,00	-	124.967,23	1.341.500,43
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	35.966,19	8,18	294.178,77	1,00	-	35.966,19	294.178,77
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	36.473,63	10,35	377.569,60	1,00	-	36.473,63	377.569,60
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	88.493,60
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	35.966,19
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.341.500,43
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	671.748,37
Eccentricità	e	[m]	3,93
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	22,71
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	264,15
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	0,00

**Combinazione-2 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda ( $T_r=100$  anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_M$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{0i}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	12,27	1.532.745,91	1,00	-	124.967,23	1.532.745,91
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	16.871,07	4,45	75.078,17	1,00	-	16.871,07	75.078,17
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	22.832,51	8,67	197.881,79	1,00	-	22.832,51	197.881,79
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	147.799,75
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	16.871,07
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.730.627,70
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	75.078,17
Eccentricità	e	[m]	0,30
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	234,73
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	200,79



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-3a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	10,73	1.341.500,43	1,00	-	124.967,23	1.341.500,43
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	28.499,84	8,96	255.448,22	1,50	-	42.749,76	383.172,32
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	29.016,45	10,75	311.926,79	1,50	-	43.524,67	467.890,19
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	81.442,56
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	42.749,76
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.341.500,43
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	851.062,51
Eccentricità	e	[m]	5,48
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	18,07
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	305,53
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	0,00

**Combinazione-3b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a O<sub>r</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	10,73	1.341.500,43	1,30	-	162.457,40	1.743.950,56
SPINTA ORIZZONTALE CRESTA D'ONDA	28.499,84	8,96	255.448,22	1,50	-	42.749,76	383.172,32
SPINTA VERTICALE CRESTA D'ONDA - (Sottospinta)	29.016,45	10,75	311.926,79	1,50	-	43.524,67	467.890,19
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	9,28	174.170,38	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	118.932,73
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	42.749,76
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.743.950,56
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	851.062,51
Eccentricità	e	[m]	3,99
sezione parzializzata		[-]	SI
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	22,52
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	357,89
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	0,00



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-4a (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	12,27	1.532.745,91	1,00	-	124.967,23	1.532.745,91
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	15.202,69	4,63	70.445,59	1,50	-	22.804,04	105.668,38
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	18.902,58	8,67	163.822,32	1,50	-	28.353,86	245.733,48
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,0	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	153.321,10
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	22.804,04
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	1.778.479,39
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	105.668,38
Eccentricità	e	[m]	0,59
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	260,63
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	191,16

**Combinazione-4b (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Tr=25 anni)

Ribaltamento rispetto a  $O_H$

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}; \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_{\alpha}$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	12,27	1.532.745,91	1,30	-	162.457,40	1.992.569,68
SPINTA ORIZZONTALE CAVO D'ONDA	15.202,69	4,63	70.445,59	1,50	-	22.804,04	105.668,38
SPINTA VERTICALE CAVO D'ONDA - (Sottospinta)	18.902,58	8,67	163.822,32	1,50	-	28.353,86	245.733,48
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	1,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	190.811,27
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	22.804,04
Momento Resistente	$M_{Res}$	[kNm]	2.238.303,17
Momento Ribaltante	$M_{Rib}$	[kNm]	105.668,38
Eccentricità	e	[m]	0,32
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{max}$	[kPa]	304,84
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{min}$	[kPa]	257,42



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione-5 (SLV)** Peso proprio cassone in opera + Sisma

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_2$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	12,27	1.532.745,91	-	-	124.967,23	1.532.745,91
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	-	0,00	0,00	0,00
Spinta idrodinamica	799,16	7,20	5.753,94	-	-	799,16	5.753,94
Azione Sismica orizzontale su Cassone	5.620,62	7,22	40.566,33	-	-	5.620,62	40.566,33
Azione Sismica verticale su Cassone	2.810,31	11,98	33.681,20	-	-	2.810,31	33.681,20
Azione Sismica su sovraccarico - orizzontale	534,90	14,50	7.756,02	-	0,00	0,00	0,00
Azione Sismica su sovraccarico - verticale	267,45	13,72	3.669,40	-	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	122.156,92
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	6.419,78
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.532.745,91
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	80.001,46
Eccentricità	e	[m]	0,39
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{\max}$	[kPa]	198,40
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{\min}$	[kPa]	161,55

**Combinazione-6 (ECC)** Peso proprio cassone in opera + Urto Eccezionale

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali ( $\gamma_{Gi}, \gamma_{Qi}$ )	Coeff. Combin. ( $\psi_2$ )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	124.967,23	12,27	1.532.745,91	-	-	124.967,23	1.532.745,91
SOVRACCARICO SU CASSONE	18.768,36	13,72	257.501,90	-	0,00	0,00	0,00
URTO ECCEZIONALE	10.200,00	12,00	122.400,00	-	-	10.200,00	122.400,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	124.967,23
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	10.200,00
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	1.532.745,91
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	122.400,00
Eccentricità	e	[m]	0,21
sezione parzializzata		[-]	NO
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	23,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	29,51
tensione verticale efficace massima	$\sigma'_{\max}$	[kPa]	194,41
tensione verticale efficace minima	$\sigma'_{\min}$	[kPa]	173,83



Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

## Muro di sponda con Cassone tipo G1

### Combinazione A1 (STR)

Peso proprio cassone in opera + Sovraccarico + Tiro alla bitta

verso specchio acqueo - Ribaltamento rispetto a O<sub>PORTO</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali (g <sub>0</sub> ; g <sub>0</sub> )	Coeff. Combin. (y <sub>0</sub> )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	4.071,36	3,64	14.829,58	1,00	-	4.071,36	14.829,58
RINTERRO IN OPERA SU MENSOLA DI MONTE	1.423,40	6,25	8.896,22	1,00	-	1.423,40	8.896,22
RINTERRO IN OPERA SU SOVRASTRUTTURA	438,39	4,63	2027,6	1,00	-	438,39	2.027,57
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - orizzontale	847,39	2,83	2.400,93	1,30	-	1.101,60	3.121,20
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - verticale	425,57	7,00	2.979,01	1,30	-	553,25	3.872,72
SPINTA SOVRACCARICO SU RINTERRO [M1]	639,20	4,25	2.716,60	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU CASSONE	1.504,00	3,50	5.264,00	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU MENSOLA	564,00	6,25	3.525,00	0,00	0,0	0,00	0,00
TIRO ALLA BITTA	500,00	8,50	4.250,00	1,50	1,00	750,00	6.375,00
CAVO D'ONDA (Hs=1,50 m): Spinta Orizzontale	1.015,26	2,44	2.472,62	0,00	0,00	0,00	0,00
CAVO D'ONDA (Hs=1,50 m): Spinta Verticale	497,55	3,33	1.658,51	0,00	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	6.486,39
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	1.851,60
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	29.626,08
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	9.496,20
Eccentricità	e	[m]	0,40
sezione parzializzata		[-]	0,00
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	7,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	9,40
tensione verticale efficace massima	s' <sub>max</sub>	[kPa]	132,09
tensione verticale efficace minima	s' <sub>min</sub>	[kPa]	65,07

### Combinazione A2 (STR)

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Hs2,50)

verso specchio acqueo - Ribaltamento rispetto a O<sub>PORTO</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali (g <sub>0</sub> ; g <sub>0</sub> )	Coeff. Combin. (y <sub>0</sub> )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	4.071,36	3,64	14.829,58	1,00	-	4.071,36	14.829,58
RINTERRO IN OPERA SU MENSOLA DI MONTE	1.423,40	6,25	8.896,22	1,00	-	1.423,40	8.896,22
RINTERRO IN OPERA SU SOVRASTRUTTURA	438,39	4,63	2027,6	1,00	-	438,39	2.027,57
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - orizzontale	847,39	2,83	2.400,93	1,30	-	1.101,60	3.121,20
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - verticale	425,57	7,00	2.979,01	1,30	-	553,25	3.872,72
SPINTA SOVRACCARICO SU RINTERRO [M1]	639,20	4,25	2.716,60	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU CASSONE	1.504,00	3,50	5.264,00	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU MENSOLA	564,00	6,25	3.525,00	0,00	0,0	0,00	0,00
TIRO ALLA BITTA	500,00	8,50	4.250,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAVO D'ONDA (Hs=2,50 m): Spinta Orizzontale	1.408,11	2,18	3.069,69	1,50	1,00	2.112,17	4.604,54
CAVO D'ONDA (Hs=2,50 m): Spinta Verticale	856,44	3,67	3.140,29	1,50	1,00	1.284,66	4.710,43

Risultante forze verticali	N'	[kN]	7.771,05
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	3.213,77
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	34.336,51
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	7.725,74
Eccentricità	e	[m]	0,08
sezione parzializzata		[-]	0,00
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	7,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	9,40
tensione verticale efficace massima	s' <sub>max</sub>	[kPa]	125,76
tensione verticale efficace minima	s' <sub>min</sub>	[kPa]	110,44





Comune  
di Favignana

PROGETTO ESECUTIVO I° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA

- Relazione di calcolo geotecnico -

**Combinazione A3 (STR)**

Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda (Hs=1,50) + Sovraccarico + Tiro alla bitta

verso specchio acqueo - Ribaltamento rispetto a O<sub>PORTO</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali (g <sub>Gi</sub> ; g <sub>Qd</sub> )	Coeff. Combin. (y <sub>Gi</sub> )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	4.071,36	3,64	14.829,58	1,00	-	4.071,36	14.829,58
RINTERRO IN OPERA SU MENSOLA DI MONTE	1.423,40	6,25	8.896,22	1,00	-	1.423,40	8.896,22
RINTERRO IN OPERA SU SOVRASTRUTTURA	438,39	4,63	2027,6	1,00	-	438,39	2.027,57
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - orizzontale	847,39	2,83	2.400,93	1,30	-	1.101,60	3.121,20
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - verticale	425,57	7,00	2.979,01	1,30	-	553,25	3.872,72
SPINTA SOVRACCARICO SU RINTERRO [M1]	639,20	4,25	2.716,60	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU CASSONE	1.504,00	3,50	5.264,00	0,00	0,0	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU MENSOLA	564,00	6,25	3.525,00	0,00	0,0	0,00	0,00
TIRO ALLA BITTA	500,00	8,50	4.250,00	1,50	0,60	450,00	3.825,00
CAVO D'ONDA (Hs=1,50 m): Spinta Orizzontale	1.015,26	2,44	2.472,62	1,50	1,00	1.522,89	3.708,93
CAVO D'ONDA (Hs=1,50 m): Spinta Verticale	497,55	3,33	1.658,51	1,50	1,00	746,33	2.487,77

Risultante forze verticali	N'	[kN]	7.232,72
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	3.074,49
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	32.113,85
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	10.655,13
Eccentricità	e	[m]	0,53
sezione parzializzata		[-]	0,00
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	7,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	9,40
tensione verticale efficace massima	s' <sub>max</sub>	[kPa]	160,15
tensione verticale efficace minima	s' <sub>min</sub>	[kPa]	59,69

**Combinazione B1 (SLV)**

Peso proprio cassone in opera + Sisma + Sovraccarico

verso specchio acqueo - Ribaltamento rispetto a O<sub>PORTO</sub>

Carico	Modulo caratteristico del Carico [kN]	Braccio [m]	Momento [kNm]	Coeff. Parziali (g <sub>Gi</sub> ; g <sub>Qd</sub> )	Coeff. Combin. (y <sub>Gi</sub> )	Forza di calcolo [kN]	Momento di Calcolo [kNm]
CASSONE IN OPERA	4.071,36	3,64	14.829,58	-	-	4.071,36	14.829,58
RINTERRO IN OPERA SU MENSOLA DI MONTE	1.423,40	6,25	8.896,22	-	-	1.423,40	8.896,22
RINTERRO IN OPERA SU SOVRASTRUTTURA	438,39	4,63	2027,6	1,0	-	438,39	2.027,57
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - orizzontale	847,39	2,83	2.400,93	-	-	847,39	2.400,93
SPINTA DEL RINFIANCO [M1] - verticale	425,57	7,00	2.979,01	1,00	-	425,57	2.979,01
SOVRACCARICO SU CASSONE	1.504,00	3,50	5.264,00	-	0,00	0,00	0,00
SOVRACCARICO SU MENSOLA	564,00	6,25	3.525,00	-	0,00	0,00	0,00
SPINTA SOVRACCARICO SU RINTERRO [M1]	639,20	4,25	2.716,60	-	0,00	0,00	0,00
Azione Sismica orizzontale su Cassone	185,03	3,58	662,95	-	-	185,03	662,95
Azione Sismica verticale su Cassone	92,52	3,59	332,07	-	-	92,52	332,07
Spinta idrodinamica	63,64	3,60	229,10	-	-	63,64	229,10
Azione Sismica orizzontale su rinterro su mensola	62,89	4,50	283,00	-	-	62,89	283,00
Azione Sismica verticale su rinterro su mensola	31,44	6,25	196,53	-	-	31,44	196,53
Azione Sismica orizzontale su rinterro su sovrastruttura	12,49	7,85	98,08	-	-	12,49	98,08
Azione Sismica verticale su rinterro su sovrastruttura	6,25	4,63	28,89	-	-	6,25	28,89
Incremento spinta orizzontale per sisma [M1]	258,64	4,25	1.099,22	-	-	258,64	1.099,22
Azione Sismica su sovraccarico - orizzontale	42,86	8,50	364,34	-	0,00	0,00	0,00
Azione Sismica su sovraccarico - verticale	21,43	3,50	75,01	-	0,00	0,00	0,00
Azione Sismica spinta per sovraccarico su rinterro [M1]	109,09	4,25	463,62	-	0,00	0,00	0,00

Risultante forze verticali	N'	[kN]	6.228,51
Risultante forze orizzontali	R	[kN]	1.430,08
Momento Resistente	M <sub>Res</sub>	[kNm]	28.732,37
Momento Ribaltante	M <sub>Rib</sub>	[kNm]	5.330,77
Eccentricità	e	[m]	0,26
sezione parzializzata		[-]	0,00
larghezza fondazione efficace	B'	[m]	7,00
lunghezza fondazione	L'	[m]	7,00
tensione verticale efficace massima	s' <sub>max</sub>	[kPa]	155,13
tensione verticale efficace minima	s' <sub>min</sub>	[kPa]	99,09

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE :



## A.2 Metodi dell'equilibrio limite

I metodi dell'equilibrio limite si basano sulle seguenti ipotesi:

- stato di deformazione piano: la superficie di scivolamento è cilindrica con direttrice circolare o di forma qualunque;
- legame costitutivo del terreno di tipo rigido-plastico ideale: non si verificano deformazioni finché non è raggiunto il valore della tensione di rottura che si mantiene costante mentre le deformazioni crescono indefinitamente;
- criterio di rottura del terreno del tipo Mohr-Coulomb;
- fattore di sicurezza costante lungo la superficie di scivolamento.

Alcuni dei metodi rientrano tra quelli denominati "delle strisce" che prevedono la suddivisione del volume di terreno compreso tra l'estradosso del pendio e la prefissata superficie di scivolamento in  $n$  blocchi mediante  $n-1$  tagli verticali.

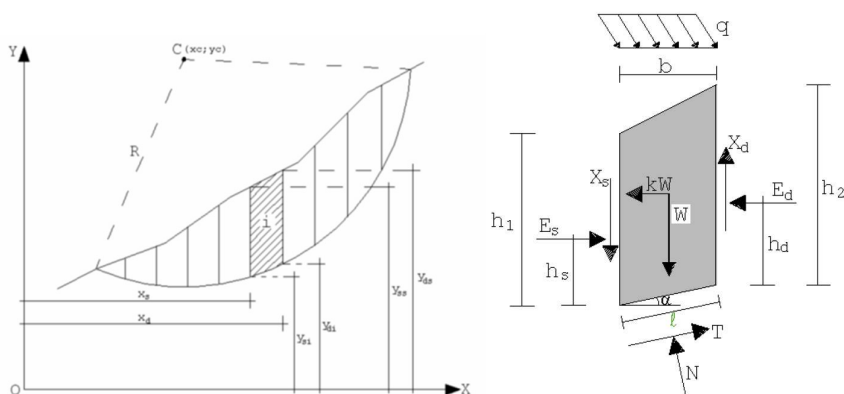
Le incognite del problema sono le seguenti:

- $n$  forze normali alla base ( $N$ )
- $n$  punti di applicazione delle forze normali
- $n$  forze di taglio alla base ( $T$ )
- $n-1$  forze normali di interstriscia ( $E$ )
- $n-1$  punti di applicazione delle forze normali di interstriscia ( $h$ )
- $n-1$  forze tangenziali di interstriscia ( $X$ )
- 1 coefficiente di sicurezza ( $F$ )

Le equazioni a disposizione sono  $4n$ :

- $n$  equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale
- $n$  equazioni di equilibrio alla traslazione verticale
- $n$  equazioni di equilibrio alla rotazione
- $n$  equazioni di Mohr-Coulomb

Supponendo che le forze  $N$  siano applicate al centro della base si hanno  $5n-2$  incognite, rimangono quindi  $n-2$  incognite in esubero.



*Figura 143 – Schema di riferimento per il metodo LEM di Bishop*

Non si ottiene un sistema risolvibile, perché il numero delle incognite è superiore a quello delle equazioni: occorre effettuare delle ipotesi semplificative, per poter ottenere una soluzione. Sono introdotte le ipotesi di alcuni dei metodi adoperati nelle analisi di stabilità.

### A.2.1 Metodo di Bishop semplificato

Il coefficiente di sicurezza  $F$  nel metodo di Bishop semplificato si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_1^n i (c_i \cdot b_i + \left(\frac{N_i}{\cos \alpha} - u_i \cdot b_i\right) / m}{\sum_{i=1}^i W_i \cdot \sin \alpha}$$

dove il termine  $m$  è espresso da:

$$m = (1 + \frac{\tan \varphi' \cdot \tan \alpha}{F}) \cdot \cos \alpha_i$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce secondo le quali viene suddiviso il volume di terreno potenzialmente instabile,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche geotecniche del terreno lungo la base della striscia ed  $u_i$  è il corrispondente valore della pressione neutra. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop semplificato contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

### A.2.2 Metodo di Janbu semplificato

Tale metodo si basa sulla stessa semplificazione utilizzata da Bishop, ossia trascurare le forze di taglio interstriscia ipotizzando che lungo i lati comuni delle strisce agiscano solo forze normali.

Il coefficiente di sicurezza  $F$  nel metodo di Janbu semplificato si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_1^n i [c_i \cdot b_i + (\frac{N_i}{\cos \alpha} - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi']}{\sum_1^n i [W_i \cdot \tan \varphi']}$$

dove il termine  $N_i$  è espresso da



$$N_i = \left[ W_i - c_i \cdot l_i \cdot \sin \frac{\alpha}{\eta} + u_i \cdot l_i \cdot \tan \varphi' \cdot \sin \frac{\alpha}{F} \right] / m$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \cdot \tan \varphi') / F$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\varphi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Janbu semplificato contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto. La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia

### A.3 Modello costitutivo Hardening Soil

Il modello di calcolo Hardening Soil è in grado di descrivere in maniera soddisfacente alcuni aspetti fondamentali del comportamento meccanico dei terreni quali la non linearità del legame tensione - deformazione, rappresentato da una relazione di forma iperbolica tra il deviatore di tensione e la deformazione assiale; la rigidezza in un ciclo di scarico-ricarico molto maggiore di quella che si ha in primo carico; la dipendenza della rigidezza dallo stato tensionale corrente; la dipendenza della rigidezza, lungo un percorso di carico di compressione, dal grado di sovra consolidazione OCR; lo sviluppo di deformazioni plastiche anche in condizioni di sovra consolidazione grazie alla separazione delle due superfici di plasticizzazione  $f_s$  e  $f_v$ .

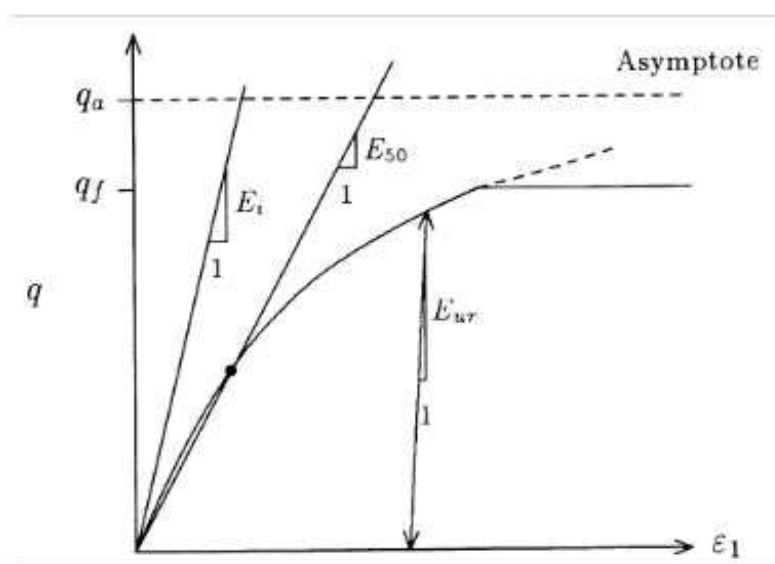


Figura 144 – Legame iperbolico tensione – deformazione per un carico primario in una prova triassiale standard

#### Parametri del modello Hardening Soil

La definizione del modello Hardening Soil, comprende tra l'altro:

- $c'$  = coesione;
- $\varphi'$  = angolo d'attrito;
- $\psi$  = angolo di dilatanza.

La rigidezza del terreno è descritta da tre differenti valori input; tutti e tre relativi alla pressione di riferimento di 100 kPa [1 bar].

- $E_{oed}^{ref}$  = modulo di rigidezza tangente per il primario carico edometrico;
- $E_{50}^{ref}$  = modulo di rigidezza secante in una prova standard triassiale drenata;
- $E_{ur}^{ref}$  = modulo di rigidezza nella fase di scarico/ricarico;
- $m$  = esponente per il livello tensionale dipendente dalla rigidezza.



Esistono dati sperimentali sui moduli di rigidezza e sul parametro  $m$  (in generale  $\approx 0,5 - 1$ ).

Per la natura del terreno in questione abbiamo scelto 0,5.

$E_{50}^{ref}$  è difficile da determinare accuratamente durante le prove triassiali, così in generale viene impiegato  $E_{oed}^{ref}$ .

Per la definizione degli altri moduli di rigidezza si fa riferimento alle seguenti relazioni empiriche:

$$E_{oed}^{ref} \approx E_{50}^{re}$$

$$E_{ur}^{ref} = 3 \cdot E_{50}^{ref}$$

Nella definizione del modello HS il coefficiente di spinta a riposo  $K_0$  è determinato con la correlazione di Jacky:

$$K_0^{nc} = 1 - \sin \varphi'$$





**Comune  
di Favignana**

**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

*- Relazione di calcolo geotecnico -*

---

**B      TABULATI**



**Comune  
di Favignana**

**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

*- Relazione di calcolo geotecnico -*

---

**B.1    Tabulati Paratia Tipo 1**

## Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.  
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.  
- 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.  
- 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. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.  
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.  
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.  
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.  
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

### Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

## Richiami teorici

### Metodo di analisi

#### Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.  
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.  
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).  
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).  
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.  
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

$K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte  
 $K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata  
 $K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte  
 $K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} + K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} + K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione

si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

#### Calcolo delle spinte

### Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico o idrodinamico*. Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana). Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con *S<sub>s</sub>* la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia. La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A<sub>r</sub> l'area di armatura nel tirante ed E<sub>s</sub> il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A<sub>r</sub>, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E<sub>s</sub>. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri. I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k<sub>r</sub>, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L<sup>3</sup>]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A<sub>m</sub>, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicando con E<sub>m</sub> il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm<sup>2</sup>), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

$$A_m = 10000 \times \frac{k \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X<sub>max</sub>; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p<sub>max</sub>. Tale pressione p<sub>max</sub> può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidità, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassettaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*). Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate). Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con *u* ed *u<sub>0</sub>* gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con *s* ed *s<sub>0</sub>* gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con *K* la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K(u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10. È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare. In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left( \frac{c_b + (W - u_b) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum W \sin \alpha_i}$$

dove il termine *m* è espresso da

$$m = \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \phi \operatorname{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione *n* è il numero delle strisce considerate, *b* e *α<sub>i</sub>* sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia *i<sub>esima</sub>* rispetto all'orizzontale, *W* è il peso della striscia *i<sub>esima</sub>*, *c* e *φ<sub>i</sub>* sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed *u* è la pressione neutra lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine *m* che è funzione di *η*. Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per *η* da inserire nell'espressione di *m* ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Verifiche idrauliche

Verifica a sifonamento

Per la verifica a sifonamento si utilizza il metodo del gradiente idraulico critico. Il coefficiente di sicurezza nei confronti del sifonamento è dato dal rapporto tra il gradiente critico *i<sub>c</sub>* e il gradiente idraulico di efflusso *i<sub>E</sub>*.

$$FS_{SF} = i_c / i_E$$

Il gradiente idraulico critico è dato dal rapporto tra il peso efficace medio *γ<sub>m</sub>* del terreno interessato da filtrazione ed il peso dell'acqua *γ<sub>w</sub>*.

$$i_c = \gamma_m / \gamma_w$$

Il gradiente idraulico di efflusso è dato dal rapporto tra la differenza di carico Δ*H* e la lunghezza della linea di flusso *L*.

$$i_E = \Delta H / L$$

Il moto di filtrazione è assunto essere monodimensionale.

Verifica a sollevamento del fondo scavo

Per la verifica a sollevamento si utilizza il metodo di Terzaghi. Il coefficiente di sicurezza nei fenomeni di sollevamento del fondo scavo deriva da considerazioni di equilibrio verticale di una porzione di terreno a valle della paratia soggetta a tale fenomeno. Secondo Terzaghi il volume interessato da sollevamento ha profondità *D* e larghezza *D/2*. *D* rappresenta la profondità di infissione della paratia. Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto tra il peso del volume di terreno sopra descritto *W* e la pressione idrica al piede della paratia *U* dovuta dalla presenza di una falda in moto idrodinamico.

$$FS_{SCAVO} = W / U$$

La pressione idrodinamica è calcolata nell'ipotesi di filtrazione monodimensionale.

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: <b>Paratia di pali</b>		
Altezza fuori terra	6,00	[m]
Profondità di infissione	7,80	[m]
Altezza totale della paratia	13,80	[m]
Lunghezza paratia	11,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0,97	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	11	
Numero di pali per metro lineare	1.00	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo  
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]  
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]  
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	180,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	10,00	0,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-10,00	-6,00	--
2	0,00	-6,00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine  
Descrizione Descrizione del terreno  
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
γ<sub>sat</sub> peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]  
φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]  
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]  
c coesione del terreno espressa in [kPa]

N°	Descrizione	γ	γ <sub>sat</sub>	φ	δ	c
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]
1	SC1	15,000	19,500	35.00	17.00	0,0
2	SC2	15,000	19,500	40.00	20.00	0,0
3	Riempimento	17,500	20,500	40.00	20.00	0,0

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm  
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)  
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	αM	αV	KwM	KwV	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq/cm]	[kg/cmq/cm]		
1	2,50	0.00	0.00	0.65	0.44	Riempimento	SC1
2	2,00	0.00	0.00	1.37	1.22	SC1	SC1
3	2,00	0.00	0.00	2.06	1.92	SC1	SC1
4	3,00	0.00	0.00	2.93	2.79	SC1	SC1
5	3,00	0.00	0.00	5.10	4.91	SC2	SC2
6	3,00	0.00	0.00	6.44	6.25	SC2	SC2

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia 2,50 [m]  
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia 2,50 [m]  
Regime delle pressioni neutre: Idrostatico

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γds Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]  
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo  
Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]  
E Modulo elastico, espresso in [kPa]  
Acciaio Tipo di acciaio  
n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γds	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kN/mc]		[kPa]	[kPa]		
Paratia	24,52	C35/45	45000	34625349	B450C	15.00
Cordolo/Muro	24,52	C20/25	25000	30200389	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
Ig Indice di gruppo  
Fx Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle  
Fy Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso  
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante  
Qi, Qj Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]  
Vi, Vs Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle  
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1 - Variabile - Condizione 1 (Ig=0) [Ψ0=1.00 - Ψ1=1.00 - Ψ2=1.00]

Carico distribuito sul profilo	Xi = 1,50	Xi = 8,00	Qi = 40,00	Qi = 40,00	
--------------------------------	-----------	-----------	------------	------------	--

Condizione n° 2 - Variabile - Condizione 2 (Ig=0) [Ψ0=1.00 - Ψ1=1.00 - Ψ2=1.00]

Carico distribuito sulla paratia	Ys=2,50	Yi=14,00	Vi=0,00	Vi=3,72	R=21,39
----------------------------------	---------	----------	---------	---------	---------

Fasi di scavo

Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito  
Fase Descrizione dell'i-esima fase  
Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Quota falda valle 2.50 metri - Quota falda monte 2.50 metri [Hscavo=6.00]	0
2	Scavo fino alla profondità di 6.00 metri	0
3	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=6.00]	1
4	Inserimento sisma	2
5	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=6.00]	2

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γGfav	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γGsfav	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γGfav	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γGsfav	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γQfav	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γQsfav	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γQfav	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γQsfav	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γtanγ	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	γc	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γcu	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	γqu	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	γr	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo 1.50  
Coefficiente di sicurezza acciaio 1.15  
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica 0.83  
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo 0.85  
Coefficiente di sicurezza per la sezione 1.00

Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd}=0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd}=0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (ctg(\theta) + ctg(\alpha)) / (1.0 + ctg \theta^2)$$

con:

d altezza utile sezione [mm]  
bw larghezza minima sezione [mm]  
Asw area armatura trasversale [mmq]  
s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]  
αc coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σcp  
σcp tensione media di compressione [N/mmq]  
fcd'=0.5\*fcd

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Molto aggressive  
Armatura ad aderenza migliorata  
Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure w1 = 0.20  
w2 = 0.30  
w3 = 0.40

Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2008-2018 - I° Formulazione

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico Rara σc < 0.60 fck - σT < 0.80 fyk  
Quasi permanente σc < 0.45 fck

Impostazioni di analisi

Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50) Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

Impostazioni analisi per fasi di scavo:  
Analisi per condizioni di esercizio  
Analisi per coefficienti tipo A1-M1  
Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta Ka e Kp che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale: Metodo di Bishop

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine 37.931241  
Longitudine 12.329712  
Comune Favignana  
Provincia Trapani  
Regione Sicilia

Punti di interpolazione del reticolo

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria  
Vita nominale 50 anni  
Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
Vita di riferimento 50 anni

Combinazioni/Fase	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s^2]	0.490	0.231
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.880	2.670
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.340	0.296
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	C	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.873	0.873
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.069	0.069
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.569	0.569
Prodotto $\alpha \beta$	0.497 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (percento)	3.726	1.756
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nelle spinte attiva e passiva  
Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo  
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.  
Essa è discretizzata in 120 elementi fuori terra e 160 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.  
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	6,00	[m]
Profondità di infissione	7,80	[m]
Altezza totale della paratia	13,80	[m]

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata  
Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo  
Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.  
Le pressioni sono tutte espresse in [kPa]  
 $\sigma_{am}$  sigma attiva da monte  
 $\sigma_{av}$  sigma attiva da valle  
 $\sigma_{pm}$  sigma passiva da monte  
 $\sigma_{pv}$  sigma passiva da valle  
 $\delta_a$  inclinazione spinta attiva espressa in [°]  
 $\delta_p$  inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Fase n° 1 - ESE

n°	Y	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,35	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,70	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,05	0,00	61,80	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,40	0,00	82,40	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,74	0,00	103,00	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,09	0,00	123,60	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,44	0,00	144,20	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,79	0,00	164,80	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,14	0,00	185,40	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,49	0,00	206,00	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,84	0,00	226,60	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,19	0,00	247,20	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,54	0,00	267,80	0,00	20,00	20,00
15	1,40	4,89	0,00	288,40	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,23	0,00	309,00	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,58	0,00	329,60	0,00	20,00	20,00
18	1,70	5,93	0,00	350,20	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,28	0,00	370,80	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,63	0,00	391,40	0,00	20,00	20,00
21	2,00	6,98	0,00	412,00	0,00	20,00	20,00
22	2,10	7,33	0,00	432,60	0,00	20,00	20,00
23	2,20	7,68	0,00	453,20	0,00	20,00	20,00
24	2,30	8,03	0,00	473,80	0,00	20,00	20,00
25	2,40	8,36	0,00	493,37	0,00	20,00	20,00
26	2,48	8,60	0,00	507,79	0,00	20,00	20,00
27	2,50	9,71	0,00	413,98	0,00	20,00	20,00
28	2,52	10,82	0,00	316,76	0,00	17,00	17,00
29	2,60	11,03	0,00	321,63	0,00	17,00	17,00
30	2,70	11,26	0,00	328,25	0,00	17,00	17,00
31	2,80	11,50	0,00	335,21	0,00	17,00	17,00
32	2,90	11,74	0,00	342,17	0,00	17,00	17,00
33	3,00	11,98	0,00	349,14	0,00	17,00	17,00
34	3,10	12,21	0,00	356,10	0,00	17,00	17,00
35	3,20	12,45	0,00	363,07	0,00	17,00	17,00
36	3,30	12,69	0,00	370,03	0,00	17,00	17,00
37	3,40	12,93	0,00	377,00	0,00	17,00	17,00
38	3,50	13,17	0,00	383,96	0,00	17,00	17,00
39	3,60	13,41	0,00	390,92	0,00	17,00	17,00
40	3,70	13,65	0,00	397,89	0,00	17,00	17,00
41	3,80	13,88	0,00	404,85	0,00	17,00	17,00
42	3,90	14,12	0,00	411,82	0,00	17,00	17,00



n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
43	4,00	14,36	0,00	418,78	0,00	17,00	17,00
44	4,10	14,60	0,00	425,74	0,00	17,00	17,00
45	4,20	14,84	0,00	432,71	0,00	17,00	17,00
46	4,30	15,08	0,00	439,67	0,00	17,00	17,00
47	4,40	15,31	0,00	446,29	0,00	17,00	17,00
48	4,48	15,47	0,00	451,16	0,00	17,00	17,00
49	4,50	15,56	0,00	453,60	0,00	17,00	17,00
50	4,52	15,64	0,00	456,04	0,00	17,00	17,00
51	4,60	15,81	0,00	460,91	0,00	17,00	17,00
52	4,70	16,03	0,00	467,53	0,00	17,00	17,00
53	4,80	16,27	0,00	474,49	0,00	17,00	17,00
54	4,90	16,51	0,00	481,46	0,00	17,00	17,00
55	5,00	16,75	0,00	488,42	0,00	17,00	17,00
56	5,10	16,99	0,00	495,38	0,00	17,00	17,00
57	5,20	17,23	0,00	502,35	0,00	17,00	17,00
58	5,30	17,47	0,00	509,31	0,00	17,00	17,00
59	5,40	17,71	0,00	516,28	0,00	17,00	17,00
60	5,50	17,95	0,00	523,24	0,00	17,00	17,00
61	5,60	18,18	0,00	530,20	0,00	17,00	17,00
62	5,70	18,42	0,00	537,17	0,00	17,00	17,00
63	5,80	18,66	0,00	544,13	0,00	17,00	17,00
64	5,90	18,90	0,00	551,10	0,00	17,00	17,00
65	6,00	19,14	0,00	558,06	0,00	17,00	17,00
66	6,10	19,38	0,24	565,02	6,96	17,00	17,00
67	6,20	19,62	0,48	571,99	13,93	17,00	17,00
68	6,30	19,86	0,72	578,95	20,89	17,00	17,00
69	6,40	20,08	0,94	585,57	27,51	17,00	17,00
70	6,48	20,25	1,11	590,44	32,38	17,00	17,00
71	6,50	20,33	1,19	592,88	34,82	17,00	17,00
72	6,52	20,42	1,28	595,32	37,26	17,00	17,00
73	6,60	20,58	1,45	600,19	42,13	17,00	17,00
74	6,70	20,81	1,67	606,81	48,75	17,00	17,00
75	6,80	21,05	1,91	613,77	55,71	17,00	17,00
76	6,90	21,29	2,15	620,74	62,68	17,00	17,00
77	7,00	21,53	2,39	627,70	69,64	17,00	17,00
78	7,10	21,77	2,63	634,66	76,60	17,00	17,00
79	7,20	22,01	2,87	641,63	83,57	17,00	17,00
80	7,30	22,24	3,11	648,59	90,53	17,00	17,00
81	7,40	22,48	3,34	655,56	97,50	17,00	17,00
82	7,50	22,72	3,58	662,52	104,46	17,00	17,00
83	7,60	22,96	3,82	669,48	111,42	17,00	17,00
84	7,70	23,20	4,06	676,45	118,39	17,00	17,00
85	7,80	23,44	4,30	683,41	125,35	17,00	17,00
86	7,90	23,68	4,54	690,38	132,32	17,00	17,00
87	8,00	23,92	4,78	697,34	139,28	17,00	17,00
88	8,10	24,16	5,02	704,30	146,24	17,00	17,00
89	8,20	24,39	5,25	711,27	153,21	17,00	17,00
90	8,30	24,63	5,49	718,23	160,17	17,00	17,00
91	8,40	24,87	5,73	725,20	167,14	17,00	17,00
92	8,50	25,11	5,97	732,16	174,10	17,00	17,00
93	8,60	25,35	6,21	739,12	181,06	17,00	17,00
94	8,70	25,59	6,45	746,09	188,03	17,00	17,00
95	8,80	25,83	6,69	753,05	194,99	17,00	17,00
96	8,90	26,07	6,93	760,02	201,96	17,00	17,00
97	9,00	26,31	7,17	766,98	208,92	17,00	17,00
98	9,10	26,54	7,40	773,94	215,88	17,00	17,00
99	9,20	26,78	7,64	780,91	222,85	17,00	17,00
100	9,30	27,02	7,88	787,87	229,81	17,00	17,00
101	9,40	27,25	8,11	794,49	236,43	17,00	17,00
102	9,48	27,42	8,28	799,36	241,30	17,00	17,00
103	9,50	24,35	7,48	1169,38	343,91	20,00	20,00
104	9,52	21,79	6,75	1429,12	425,49	20,00	20,00
105	9,60	22,47	6,97	1325,71	411,34	20,00	20,00
106	9,70	22,65	7,15	1336,55	422,18	20,00	20,00
107	9,80	22,83	7,35	1347,96	433,59	20,00	20,00
108	9,90	23,02	7,54	1359,37	445,00	20,00	20,00
109	10,00	23,23	7,73	1370,78	456,41	20,00	20,00
110	10,10	23,43	7,93	1382,19	467,82	20,00	20,00
111	10,20	23,60	8,12	1393,60	479,23	20,00	20,00
112	10,30	23,80	8,31	1405,01	490,64	20,00	20,00
113	10,40	24,01	8,51	1416,42	502,06	20,00	20,00
114	10,50	24,20	8,70	1427,83	513,47	20,00	20,00
115	10,60	24,38	8,89	1439,24	524,88	20,00	20,00
116	10,70	24,57	9,08	1450,65	536,29	20,00	20,00
117	10,80	24,76	9,28	1462,06	547,70	20,00	20,00
118	10,90	24,97	9,47	1473,47	559,11	20,00	20,00
119	11,00	25,17	9,66	1484,88	570,52	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
120	11,10	25,34	9,86	1496,29	581,93	20,00	20,00
121	11,20	25,54	10,05	1507,70	593,34	20,00	20,00
122	11,30	25,73	10,24	1519,11	604,75	20,00	20,00
123	11,40	25,92	10,44	1530,52	616,16	20,00	20,00
124	11,50	26,13	10,63	1541,93	627,57	20,00	20,00
125	11,60	26,33	10,83	1553,34	638,98	20,00	20,00
126	11,70	26,50	11,02	1564,75	650,39	20,00	20,00
127	11,80	26,70	11,21	1576,17	661,80	20,00	20,00
128	11,90	26,89	11,41	1587,58	673,21	20,00	20,00
129	12,00	27,08	11,60	1598,99	684,62	20,00	20,00
130	12,10	27,29	11,79	1610,40	696,03	20,00	20,00
131	12,20	27,49	11,98	1621,81	707,44	20,00	20,00
132	12,30	27,66	12,18	1633,22	718,85	20,00	20,00
133	12,40	27,85	12,36	1644,06	729,69	20,00	20,00
134	12,48	27,98	12,50	1652,04	737,68	20,00	20,00
135	12,50	28,05	12,56	1656,04	741,67	20,00	20,00
136	12,52	28,12	12,63	1660,03	745,67	20,00	20,00
137	12,60	28,25	12,77	1668,02	753,65	20,00	20,00
138	12,70	28,44	12,95	1678,86	764,49	20,00	20,00
139	12,80	28,63	13,14	1690,27	775,90	20,00	20,00
140	12,90	28,84	13,34	1701,68	787,31	20,00	20,00
141	13,00	29,03	13,53	1713,09	798,72	20,00	20,00
142	13,10	29,21	13,72	1724,50	810,13	20,00	20,00
143	13,20	29,40	13,92	1735,91	821,54	20,00	20,00
144	13,30	29,60	14,11	1747,32	832,96	20,00	20,00
145	13,40	29,79	14,30	1758,73	844,37	20,00	20,00
146	13,50	29,98	14,50	1770,14	855,78	20,00	20,00
147	13,60	30,18	14,69	1781,55	867,19	20,00	20,00
148	13,70	30,37	14,88	1792,96	878,60	20,00	20,00
149	13,80	30,58	15,08	1804,37	890,01	20,00	20,00

## Fase n° 2 - ESE

n°	Y	$\sigma_m$	$\sigma_v$	$\sigma_m$	$\sigma_v$	$\delta_o$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,35	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,70	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,05	0,00	62,04	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,40	0,00	93,10	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,74	0,00	160,72	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,09	0,00	339,97	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,44	0,00	801,38	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,79	0,00	976,31	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,14	0,00	787,27	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,49	0,00	746,88	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,84	0,00	743,35	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,19	0,00	750,99	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,54	0,00	763,61	0,00	20,00	20,00
15	1,40	4,89	0,00	778,88	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,23	0,00	795,72	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,58	0,00	622,28	0,00	20,00	20,00
18	1,70	5,93	0,00	442,78	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,28	0,00	453,55	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,63	0,00	469,87	0,00	20,00	20,00
21	2,00	6,98	0,00	486,42	0,00	20,00	20,00
22	2,10	9,14	0,00	503,19	0,00	20,00	20,00
23	2,20	11,96	0,00	520,16	0,00	20,00	20,00
24	2,30	13,09	0,00	537,33	0,00	20,00	20,00
25	2,40	13,64	0,00	553,82	0,00	20,00	20,00
26	2,48	14,03	0,00	566,05	0,00	20,00	20,00
27	2,50	15,60	0,00	452,67	0,00	20,00	20,00
28	2,52	17,16	0,00	336,58	0,00	17,00	17,00
29	2,60	17,50	0,00	341,29	0,00	17,00	17,00
30	2,70	17,91	0,00	347,69	0,00	17,00	17,00
31	2,80	18,33	0,00	347,56	0,00	17,00	17,00
32	2,90	18,74	0,00	340,73	0,00	17,00	17,00
33	3,00	19,12	0,00	340,74	0,00	17,00	17,00
34	3,10	19,48	0,00	347,41	0,00	17,00	17,00
35	3,20	19,84	0,00	354,06	0,00	17,00	17,00
36	3,30	20,19	0,00	360,71	0,00	17,00	17,00
37	3,40	20,52	0,00	367,35	0,00	17,00	17,00
38	3,50	20,85	0,00	373,98	0,00	17,00	17,00
39	3,60	21,17	0,00	380,61	0,00	17,00	17,00
40	3,70	21,48	0,00	387,24	0,00	17,00	17,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
41	3,80	21,78	0,00	393,86	0,00	17,00	17,00
42	3,90	22,09	0,00	400,48	0,00	17,00	17,00
43	4,00	22,38	0,00	407,09	0,00	17,00	17,00
44	4,10	22,67	0,00	413,71	0,00	17,00	17,00
45	4,20	22,96	0,00	420,33	0,00	17,00	17,00
46	4,30	23,25	0,00	426,94	0,00	17,00	17,00
47	4,40	23,51	0,00	433,23	0,00	17,00	17,00
48	4,48	23,71	0,00	437,86	0,00	17,00	17,00
49	4,50	23,81	0,00	440,18	0,00	17,00	17,00
50	4,52	23,90	0,00	450,63	0,00	17,00	17,00
51	4,60	24,24	0,00	468,09	0,00	17,00	17,00
52	4,70	24,94	0,00	479,12	0,00	17,00	17,00
53	4,80	25,52	0,00	485,84	0,00	17,00	17,00
54	4,90	25,78	0,00	492,56	0,00	17,00	17,00
55	5,00	26,05	0,00	499,29	0,00	17,00	17,00
56	5,10	26,31	0,00	506,02	0,00	17,00	17,00
57	5,20	26,57	0,00	512,75	0,00	17,00	17,00
58	5,30	26,83	0,00	519,49	0,00	17,00	17,00
59	5,40	27,09	0,00	526,23	0,00	17,00	17,00
60	5,50	27,34	0,00	532,98	0,00	17,00	17,00
61	5,60	27,60	0,00	539,73	0,00	17,00	17,00
62	5,70	27,86	0,00	546,49	0,00	17,00	17,00
63	5,80	28,11	0,00	553,25	0,00	17,00	17,00
64	5,90	28,36	0,00	560,02	0,00	17,00	17,00
65	6,00	28,62	0,00	566,79	0,00	17,00	17,00
66	6,10	28,87	0,24	573,56	6,96	17,00	17,00
67	6,20	29,12	0,48	580,34	13,93	17,00	17,00
68	6,30	29,37	0,72	587,12	20,89	17,00	17,00
69	6,40	29,61	0,94	593,57	27,51	17,00	17,00
70	6,48	29,79	1,11	598,32	32,38	17,00	17,00
71	6,50	29,87	1,19	600,70	34,82	17,00	17,00
72	6,52	29,95	1,28	603,08	37,26	17,00	17,00
73	6,60	30,13	1,45	607,83	42,13	17,00	17,00
74	6,70	30,37	1,67	614,29	48,75	17,00	17,00
75	6,80	30,62	1,91	621,09	55,71	17,00	17,00
76	6,90	30,86	2,15	627,90	62,68	17,00	17,00
77	7,00	31,11	2,39	634,71	69,64	17,00	17,00
78	7,10	31,36	2,63	641,52	76,60	17,00	17,00
79	7,20	31,61	2,87	648,34	83,57	17,00	17,00
80	7,30	31,85	3,11	655,16	90,53	17,00	17,00
81	7,40	32,10	3,34	661,99	97,50	17,00	17,00
82	7,50	32,35	3,58	668,81	104,46	17,00	17,00
83	7,60	32,59	3,82	675,64	111,42	17,00	17,00
84	7,70	32,84	4,06	682,48	118,39	17,00	17,00
85	7,80	33,08	4,30	689,32	125,35	17,00	17,00
86	7,90	33,33	4,54	696,16	132,32	17,00	17,00
87	8,00	33,57	4,78	703,00	139,28	17,00	17,00
88	8,10	33,81	5,02	709,85	146,24	17,00	17,00
89	8,20	34,06	5,25	716,69	153,21	17,00	17,00
90	8,30	34,30	5,49	723,55	160,17	17,00	17,00
91	8,40	34,55	5,73	730,40	167,14	17,00	17,00
92	8,50	34,79	5,97	737,26	174,10	17,00	17,00
93	8,60	35,03	6,21	744,12	181,06	17,00	17,00
94	8,70	35,28	6,45	750,98	188,03	17,00	17,00
95	8,80	35,52	6,69	757,85	194,99	17,00	17,00
96	8,90	35,76	6,93	764,71	201,96	17,00	17,00
97	9,00	36,00	7,17	771,58	208,92	17,00	17,00
98	9,10	36,25	7,40	778,45	215,88	17,00	17,00
99	9,20	36,49	7,64	785,33	222,85	17,00	17,00
100	9,30	36,73	7,88	792,20	229,81	17,00	17,00
101	9,40	36,96	8,11	798,74	236,43	17,00	17,00
102	9,48	37,13	8,28	803,55	241,30	17,00	17,00
103	9,50	33,31	7,48	1332,98	343,91	20,00	20,00
104	9,52	30,23	6,75	1596,39	425,49	20,00	20,00
105	9,60	31,13	6,97	1336,95	411,34	20,00	20,00
106	9,70	31,31	7,15	1347,20	422,18	20,00	20,00
107	9,80	31,50	7,35	1369,54	433,59	20,00	20,00
108	9,90	31,70	7,54	1399,93	445,00	20,00	20,00
109	10,00	31,90	7,73	1418,90	456,41	20,00	20,00
110	10,10	32,09	7,93	1429,94	467,82	20,00	20,00
111	10,20	32,29	8,12	1441,00	479,23	20,00	20,00
112	10,30	32,48	8,31	1452,09	490,64	20,00	20,00
113	10,40	32,68	8,51	1463,20	502,06	20,00	20,00
114	10,50	32,85	8,70	1474,34	513,47	20,00	20,00
115	10,60	33,05	8,89	1485,49	524,88	20,00	20,00
116	10,70	33,26	9,08	1496,66	536,29	20,00	20,00
117	10,80	33,46	9,28	1507,84	547,70	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
118	10,90	33,65	9,47	1519,04	559,11	20,00	20,00
119	11,00	33,83	9,66	1530,26	570,52	20,00	20,00
120	11,10	34,02	9,86	1541,48	581,93	20,00	20,00
121	11,20	34,24	10,05	1552,72	593,34	20,00	20,00
122	11,30	34,43	10,24	1558,43	604,75	20,00	20,00
123	11,40	34,61	10,44	1550,41	616,16	20,00	20,00
124	11,50	34,80	10,63	1547,89	627,57	20,00	20,00
125	11,60	35,02	10,83	1559,09	638,98	20,00	20,00
126	11,70	35,19	11,02	1570,29	650,39	20,00	20,00
127	11,80	35,39	11,21	1581,51	661,80	20,00	20,00
128	11,90	35,60	11,41	1592,74	673,21	20,00	20,00
129	12,00	35,78	11,60	1603,97	684,62	20,00	20,00
130	12,10	35,97	11,79	1615,22	696,03	20,00	20,00
131	12,20	35,94	11,98	1626,47	707,44	20,00	20,00
132	12,30	35,73	12,18	1637,73	718,85	20,00	20,00
133	12,40	35,77	12,36	1648,43	729,69	20,00	20,00
134	12,48	35,89	12,50	1656,32	737,68	20,00	20,00
135	12,50	35,93	12,56	1660,27	741,67	20,00	20,00
136	12,52	36,00	12,63	1664,22	745,67	20,00	20,00
137	12,60	36,15	12,77	1672,11	753,65	20,00	20,00
138	12,70	36,36	12,95	1682,84	764,49	20,00	20,00
139	12,80	36,53	13,14	1694,13	775,90	20,00	20,00
140	12,90	36,73	13,34	1705,42	787,31	20,00	20,00
141	13,00	36,95	13,53	1716,72	798,72	20,00	20,00
142	13,10	37,12	13,72	1728,03	810,13	20,00	20,00
143	13,20	37,32	13,92	1739,34	821,54	20,00	20,00
144	13,30	37,51	14,11	1750,65	832,96	20,00	20,00
145	13,40	37,70	14,30	1761,97	844,37	20,00	20,00
146	13,50	37,90	14,50	1773,29	855,78	20,00	20,00
147	13,60	38,09	14,69	1784,61	867,19	20,00	20,00
148	13,70	38,31	14,88	1795,94	878,60	20,00	20,00
149	13,80	38,56	15,08	1807,27	890,01	20,00	20,00

## Fase n° 3 - ESE

n°	Y	$\sigma_m$	$\sigma_v$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,36	0,00	20,30	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,73	0,00	40,60	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,09	0,00	61,18	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,46	0,00	92,06	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,82	0,00	159,26	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,18	0,00	337,20	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,55	0,00	793,26	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,91	0,00	963,96	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,28	0,00	775,65	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,64	0,00	735,92	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,00	0,00	732,47	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,37	0,00	740,00	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,73	0,00	752,45	0,00	20,00	20,00
15	1,40	5,10	0,00	767,50	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,46	0,00	768,14	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,82	0,00	591,95	0,00	20,00	20,00
18	1,70	6,19	0,00	430,99	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,55	0,00	446,84	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,92	0,00	462,93	0,00	20,00	20,00
21	2,00	8,71	0,00	479,25	0,00	20,00	20,00
22	2,10	11,61	0,00	495,77	0,00	20,00	20,00
23	2,20	13,21	0,00	512,51	0,00	20,00	20,00
24	2,30	13,82	0,00	529,43	0,00	20,00	20,00
25	2,40	14,38	0,00	545,68	0,00	20,00	20,00
26	2,48	14,78	0,00	557,74	0,00	20,00	20,00
27	2,50	16,39	0,00	445,86	0,00	20,00	20,00
28	2,52	18,00	0,00	331,31	0,00	17,00	17,00
29	2,60	18,34	0,00	335,96	0,00	17,00	17,00
30	2,70	18,76	0,00	342,25	0,00	17,00	17,00
31	2,80	19,18	0,00	341,49	0,00	17,00	17,00
32	2,90	19,59	0,00	334,27	0,00	17,00	17,00
33	3,00	19,98	0,00	334,42	0,00	17,00	17,00
34	3,10	20,36	0,00	340,99	0,00	17,00	17,00
35	3,20	20,72	0,00	347,54	0,00	17,00	17,00
36	3,30	21,07	0,00	354,09	0,00	17,00	17,00
37	3,40	21,41	0,00	360,64	0,00	17,00	17,00
38	3,50	21,75	0,00	367,17	0,00	17,00	17,00

n°	Y	σ <sub>um</sub>	σ <sub>sv</sub>	σ <sub>pm</sub>	σ <sub>pv</sub>	δ <sub>s</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
39	3,60	22,07	0,00	373,70	0,00	17,00	17,00
40	3,70	22,39	0,00	380,23	0,00	17,00	17,00
41	3,80	22,71	0,00	386,75	0,00	17,00	17,00
42	3,90	23,02	0,00	393,27	0,00	17,00	17,00
43	4,00	23,32	0,00	399,79	0,00	17,00	17,00
44	4,10	23,62	0,00	406,31	0,00	17,00	17,00
45	4,20	23,91	0,00	412,82	0,00	17,00	17,00
46	4,30	24,21	0,00	419,34	0,00	17,00	17,00
47	4,40	24,48	0,00	425,53	0,00	17,00	17,00
48	4,48	24,68	0,00	430,09	0,00	17,00	17,00
49	4,50	24,79	0,00	433,27	0,00	17,00	17,00
50	4,52	24,89	0,00	446,34	0,00	17,00	17,00
51	4,60	25,53	0,00	463,11	0,00	17,00	17,00
52	4,70	26,25	0,00	471,66	0,00	17,00	17,00
53	4,80	26,54	0,00	478,28	0,00	17,00	17,00
54	4,90	26,82	0,00	484,90	0,00	17,00	17,00
55	5,00	27,09	0,00	491,52	0,00	17,00	17,00
56	5,10	27,36	0,00	498,15	0,00	17,00	17,00
57	5,20	27,63	0,00	504,79	0,00	17,00	17,00
58	5,30	27,90	0,00	511,42	0,00	17,00	17,00
59	5,40	28,17	0,00	518,06	0,00	17,00	17,00
60	5,50	28,43	0,00	524,71	0,00	17,00	17,00
61	5,60	28,70	0,00	531,36	0,00	17,00	17,00
62	5,70	28,96	0,00	538,02	0,00	17,00	17,00
63	5,80	29,22	0,00	544,67	0,00	17,00	17,00
64	5,90	29,49	0,00	551,34	0,00	17,00	17,00
65	6,00	29,75	0,00	558,00	0,00	17,00	17,00
66	6,10	30,01	0,25	564,68	6,86	17,00	17,00
67	6,20	30,27	0,50	571,35	13,71	17,00	17,00
68	6,30	30,53	0,74	578,03	20,57	17,00	17,00
69	6,40	30,77	0,98	584,38	27,08	17,00	17,00
70	6,48	30,96	1,15	589,06	31,88	17,00	17,00
71	6,50	31,05	1,24	591,40	34,28	17,00	17,00
72	6,52	31,13	1,33	593,74	36,68	17,00	17,00
73	6,60	31,32	1,50	598,43	41,48	17,00	17,00
74	6,70	31,56	1,74	604,79	48,00	17,00	17,00
75	6,80	31,82	1,98	611,49	54,86	17,00	17,00
76	6,90	32,08	2,23	618,19	61,71	17,00	17,00
77	7,00	32,33	2,48	624,90	68,57	17,00	17,00
78	7,10	32,59	2,73	631,61	75,43	17,00	17,00
79	7,20	32,85	2,98	638,32	82,28	17,00	17,00
80	7,30	33,10	3,23	645,04	89,14	17,00	17,00
81	7,40	33,36	3,47	651,76	96,00	17,00	17,00
82	7,50	33,61	3,72	658,48	102,85	17,00	17,00
83	7,60	33,87	3,97	665,21	109,71	17,00	17,00
84	7,70	34,12	4,22	671,94	116,57	17,00	17,00
85	7,80	34,37	4,47	678,67	123,42	17,00	17,00
86	7,90	34,63	4,71	685,41	130,28	17,00	17,00
87	8,00	34,88	4,96	692,15	137,14	17,00	17,00
88	8,10	35,14	5,21	698,89	144,00	17,00	17,00
89	8,20	35,39	5,46	705,63	150,85	17,00	17,00
90	8,30	35,64	5,71	712,38	157,71	17,00	17,00
91	8,40	35,89	5,95	719,13	164,57	17,00	17,00
92	8,50	36,15	6,20	725,88	171,42	17,00	17,00
93	8,60	36,40	6,45	732,64	178,28	17,00	17,00
94	8,70	36,65	6,70	739,40	185,14	17,00	17,00
95	8,80	36,90	6,95	746,16	191,99	17,00	17,00
96	8,90	37,16	7,19	752,92	198,85	17,00	17,00
97	9,00	37,41	7,44	759,68	205,71	17,00	17,00
98	9,10	37,66	7,69	766,45	212,56	17,00	17,00
99	9,20	37,91	7,94	773,22	219,42	17,00	17,00
100	9,30	38,16	8,19	779,99	226,28	17,00	17,00
101	9,40	38,40	8,42	786,43	232,79	17,00	17,00
102	9,48	38,58	8,60	791,17	237,59	17,00	17,00
103	9,50	34,72	7,78	1315,91	338,68	20,00	20,00
104	9,52	31,58	7,04	1575,84	419,17	20,00	20,00
105	9,60	32,45	7,27	1317,50	405,35	20,00	20,00
106	9,70	32,64	7,46	1327,61	416,03	20,00	20,00
107	9,80	32,84	7,66	1350,36	427,27	20,00	20,00
108	9,90	33,05	7,86	1380,94	438,52	20,00	20,00
109	10,00	33,25	8,06	1399,53	449,76	20,00	20,00
110	10,10	33,46	8,27	1410,40	461,01	20,00	20,00
111	10,20	33,64	8,47	1421,30	472,25	20,00	20,00
112	10,30	33,84	8,67	1432,23	483,49	20,00	20,00
113	10,40	34,07	8,87	1443,17	494,74	20,00	20,00
114	10,50	34,27	9,07	1454,14	505,98	20,00	20,00
115	10,60	34,48	9,27	1465,13	517,22	20,00	20,00

n°	Y	σ <sub>um</sub>	σ <sub>sv</sub>	σ <sub>pm</sub>	σ <sub>pv</sub>	δ <sub>s</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
116	10,70	34,68	9,48	1476,14	528,47	20,00	20,00
117	10,80	34,88	9,68	1487,16	539,71	20,00	20,00
118	10,90	35,06	9,88	1498,20	550,96	20,00	20,00
119	11,00	35,27	10,08	1509,24	562,20	20,00	20,00
120	11,10	35,49	10,28	1520,30	573,44	20,00	20,00
121	11,20	35,70	10,48	1531,38	584,69	20,00	20,00
122	11,30	35,90	10,68	1534,85	595,93	20,00	20,00
123	11,40	36,08	10,89	1526,32	607,18	20,00	20,00
124	11,50	36,28	11,09	1525,37	618,42	20,00	20,00
125	11,60	36,51	11,29	1536,40	629,66	20,00	20,00
126	11,70	36,69	11,49	1547,44	640,91	20,00	20,00
127	11,80	36,89	11,69	1558,50	652,15	20,00	20,00
128	11,90	37,12	11,90	1569,56	663,40	20,00	20,00
129	12,00	37,30	12,10	1580,63	674,64	20,00	20,00
130	12,10	37,33	12,30	1591,71	685,89	20,00	20,00
131	12,20	37,12	12,50	1602,80	697,13	20,00	20,00
132	12,30	37,09	12,70	1613,89	708,37	20,00	20,00
133	12,40	37,31	12,89	1624,44	719,05	20,00	20,00
134	12,48	37,43	13,03	1632,21	726,93	20,00	20,00
135	12,50	37,47	13,10	1636,10	730,86	20,00	20,00
136	12,52	37,54	13,17	1639,99	734,80	20,00	20,00
137	12,60	37,71	13,31	1647,77	742,67	20,00	20,00
138	12,70	37,92	13,51	1658,33	753,35	20,00	20,00
139	12,80	38,10	13,71	1669,46	764,59	20,00	20,00
140	12,90	38,31	13,91	1680,59	775,84	20,00	20,00
141	13,00	38,53	14,11	1691,72	787,08	20,00	20,00
142	13,10	38,71	14,31	1702,86	798,33	20,00	20,00
143	13,20	38,92	14,51	1714,01	809,57	20,00	20,00
144	13,30	39,20	14,72	1725,15	820,81	20,00	20,00
145	13,40	39,41	14,92	1736,31	832,06	20,00	20,00
146	13,50	39,45	15,12	1747,46	843,30	20,00	20,00
147	13,60	39,40	15,32	1758,62	854,55	20,00	20,00
148	13,70	39,33	15,52	1769,78	865,79	20,00	20,00
149	13,80	39,24	15,73	1780,95	877,03	20,00	20,00

## Fase n° 1 - SLU - STR

n°	Y	σ <sub>m</sub>	σ <sub>v</sub>	σ <sub>m</sub>	σ <sub>v</sub>	δ <sub>s</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,45	0,00	26,78	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,91	0,00	53,56	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,36	0,00	80,34	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,81	0,00	107,12	0,00	20,00	20,00
6	0,50	2,27	0,00	133,90	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,72	0,00	160,68	0,00	20,00	20,00
8	0,70	3,18	0,00	187,46	0,00	20,00	20,00
9	0,80	3,63	0,00	214,24	0,00	20,00	20,00
10	0,90	4,08	0,00	241,02	0,00	20,00	20,00
11	1,00	4,54	0,00	267,80	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,99	0,00	294,58	0,00	20,00	20,00
13	1,20	5,44	0,00	321,36	0,00	20,00	20,00
14	1,30	5,90	0,00	348,14	0,00	20,00	20,00
15	1,40	6,35	0,00	374,92	0,00	20,00	20,00
16	1,50	6,80	0,00	401,70	0,00	20,00	20,00
17	1,60	7,26	0,00	428,48	0,00	20,00	20,00
18	1,70	7,71	0,00	455,26	0,00	20,00	20,00
19	1,80	8,17	0,00	482,04	0,00	20,00	20,00
20	1,90	8,62	0,00	508,82	0,00	20,00	20,00
21	2,00	9,07	0,00	535,60	0,00	20,00	20,00
22	2,10	9,53	0,00	562,38	0,00	20,00	20,00
23	2,20	9,98	0,00	589,16	0,00	20,00	20,00
24	2,30	10,43	0,00	615,94	0,00	20,00	20,00
25	2,40	10,86	0,00	641,38	0,00	20,00	20,00
26	2,48	11,18	0,00	660,13	0,00	20,00	20,00
27	2,50	12,62	0,00	538,28	0,00	20,00	20,00
28	2,52	14,10	0,00	412,52	0,00	17,00	17,00
29	2,60	14,42	0,00	420,34	0,00	17,00	17,00
30	2,70	14,78	0,00	430,95	0,00	17,00	17,00
31	2,80	15,16	0,00	442,12	0,00	17,00	17,00
32	2,90	15,55	0,00	453,28	0,00	17,00	17,00
33	3,00	15,93	0,00	464,45	0,00	17,00	17,00
34	3,10	16,31	0,00	475,62	0,00	17,00	17,00
35	3,20	16,70	0,00	486,78	0,00	17,00	17,00
36	3,30	17,08	0,00	497,95	0,00	17,00	17,00

n°	Y	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
37	3,40	17,46	0,00	509,12	0,00	17,00	17,00
38	3,50	17,84	0,00	520,28	0,00	17,00	17,00
39	3,60	18,23	0,00	531,45	0,00	17,00	17,00
40	3,70	18,61	0,00	542,62	0,00	17,00	17,00
41	3,80	18,99	0,00	553,78	0,00	17,00	17,00
42	3,90	19,38	0,00	564,95	0,00	17,00	17,00
43	4,00	19,76	0,00	576,12	0,00	17,00	17,00
44	4,10	20,14	0,00	587,29	0,00	17,00	17,00
45	4,20	20,52	0,00	598,45	0,00	17,00	17,00
46	4,30	20,91	0,00	609,62	0,00	17,00	17,00
47	4,40	21,27	0,00	620,78	0,00	17,00	17,00
48	4,48	21,55	0,00	628,04	0,00	17,00	17,00
49	4,50	21,68	0,00	631,95	0,00	17,00	17,00
50	4,52	21,81	0,00	635,86	0,00	17,00	17,00
51	4,60	22,08	0,00	643,68	0,00	17,00	17,00
52	4,70	22,44	0,00	654,29	0,00	17,00	17,00
53	4,80	22,82	0,00	665,45	0,00	17,00	17,00
54	4,90	23,21	0,00	676,62	0,00	17,00	17,00
55	5,00	23,59	0,00	687,79	0,00	17,00	17,00
56	5,10	23,97	0,00	698,95	0,00	17,00	17,00
57	5,20	24,36	0,00	710,12	0,00	17,00	17,00
58	5,30	24,74	0,00	721,29	0,00	17,00	17,00
59	5,40	25,12	0,00	732,45	0,00	17,00	17,00
60	5,50	25,50	0,00	743,62	0,00	17,00	17,00
61	5,60	25,89	0,00	754,79	0,00	17,00	17,00
62	5,70	26,27	0,00	765,96	0,00	17,00	17,00
63	5,80	26,65	0,00	777,12	0,00	17,00	17,00
64	5,90	27,04	0,00	788,29	0,00	17,00	17,00
65	6,00	27,42	0,00	799,46	0,00	17,00	17,00
66	6,10	27,80	0,38	810,62	11,17	17,00	17,00
67	6,20	28,19	0,77	821,79	22,33	17,00	17,00
68	6,30	28,57	1,15	832,96	33,50	17,00	17,00
69	6,40	28,93	1,51	843,57	44,11	17,00	17,00
70	6,48	29,20	1,78	851,38	51,93	17,00	17,00
71	6,50	29,33	1,91	855,29	55,83	17,00	17,00
72	6,52	29,47	2,05	859,20	59,74	17,00	17,00
73	6,60	29,74	2,32	867,02	67,56	17,00	17,00
74	6,70	30,10	2,68	877,62	78,17	17,00	17,00
75	6,80	30,48	3,06	888,79	89,34	17,00	17,00
76	6,90	30,87	3,45	899,96	100,50	17,00	17,00
77	7,00	31,25	3,83	911,13	111,67	17,00	17,00
78	7,10	31,63	4,21	922,29	122,84	17,00	17,00
79	7,20	32,02	4,60	933,46	134,00	17,00	17,00
80	7,30	32,40	4,98	944,63	145,17	17,00	17,00
81	7,40	32,78	5,36	955,79	156,34	17,00	17,00
82	7,50	33,16	5,74	966,96	167,50	17,00	17,00
83	7,60	33,55	6,13	978,13	178,67	17,00	17,00
84	7,70	33,93	6,51	989,29	189,84	17,00	17,00
85	7,80	34,31	6,89	1000,46	201,00	17,00	17,00
86	7,90	34,70	7,28	1011,63	212,17	17,00	17,00
87	8,00	35,08	7,66	1022,79	223,34	17,00	17,00
88	8,10	35,46	8,04	1033,96	234,50	17,00	17,00
89	8,20	35,84	8,43	1045,13	245,67	17,00	17,00
90	8,30	36,23	8,81	1056,29	256,84	17,00	17,00
91	8,40	36,61	9,19	1067,46	268,01	17,00	17,00
92	8,50	36,99	9,57	1078,63	279,17	17,00	17,00
93	8,60	37,38	9,96	1089,80	290,34	17,00	17,00
94	8,70	37,76	10,34	1100,96	301,51	17,00	17,00
95	8,80	38,14	10,72	1112,13	312,67	17,00	17,00
96	8,90	38,53	11,11	1123,30	323,84	17,00	17,00
97	9,00	38,91	11,49	1134,46	335,01	17,00	17,00
98	9,10	39,29	11,87	1145,63	346,17	17,00	17,00
99	9,20	39,68	12,26	1156,80	357,34	17,00	17,00
100	9,30	40,06	12,64	1167,96	368,51	17,00	17,00
101	9,40	40,42	13,00	1178,57	379,12	17,00	17,00
102	9,48	40,69	13,27	1186,39	386,93	17,00	17,00
103	9,50	36,11	11,99	1707,60	551,47	20,00	20,00
104	9,52	32,32	10,83	2093,64	682,29	20,00	20,00
105	9,60	33,38	11,17	1969,48	659,60	20,00	20,00
106	9,70	33,67	11,47	1986,86	676,98	20,00	20,00
107	9,80	33,96	11,78	2005,16	695,27	20,00	20,00
108	9,90	34,27	12,09	2023,46	713,57	20,00	20,00
109	10,00	34,60	12,40	2041,75	731,87	20,00	20,00
110	10,10	34,91	12,71	2060,05	750,16	20,00	20,00
111	10,20	35,20	13,02	2078,35	768,46	20,00	20,00
112	10,30	35,51	13,33	2096,64	786,76	20,00	20,00
113	10,40	35,84	13,64	2114,94	805,05	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
114	10,50	36,15	13,95	2133,24	823,35	20,00	20,00
115	10,60	36,44	14,26	2151,53	841,65	20,00	20,00
116	10,70	36,75	14,57	2169,83	859,94	20,00	20,00
117	10,80	37,06	14,88	2188,13	878,24	20,00	20,00
118	10,90	37,39	15,19	2206,42	896,54	20,00	20,00
119	11,00	37,70	15,50	2224,72	914,83	20,00	20,00
120	11,10	37,99	15,81	2243,02	933,13	20,00	20,00
121	11,20	38,30	16,12	2261,31	951,43	20,00	20,00
122	11,30	38,61	16,43	2279,61	969,72	20,00	20,00
123	11,40	38,94	16,74	2297,91	988,02	20,00	20,00
124	11,50	39,25	17,05	2316,20	1006,32	20,00	20,00
125	11,60	39,54	17,36	2334,50	1024,61	20,00	20,00
126	11,70	39,85	17,67	2352,80	1042,91	20,00	20,00
127	11,80	40,16	17,98	2371,09	1061,21	20,00	20,00
128	11,90	40,47	18,29	2389,39	1079,50	20,00	20,00
129	12,00	40,80	18,60	2407,69	1097,80	20,00	20,00
130	12,10	41,11	18,91	2425,98	1116,10	20,00	20,00
131	12,20	41,40	19,22	2444,28	1134,39	20,00	20,00
132	12,30	41,71	19,53	2462,58	1152,69	20,00	20,00
133	12,40	42,01	19,82	2479,96	1170,97	20,00	20,00
134	12,48	42,22	20,04	2492,77	1182,88	20,00	20,00
135	12,50	42,33	20,15	2499,17	1189,28	20,00	20,00
136	12,52	42,44	20,25	2505,57	1195,69	20,00	20,00
137	12,60	42,66	20,47	2518,38	1208,50	20,00	20,00
138	12,70	42,95	20,77	2535,76	1225,88	20,00	20,00
139	12,80	43,28	21,08	2554,06	1244,17	20,00	20,00
140	12,90	43,59	21,39	2572,36	1262,47	20,00	20,00
141	13,00	43,88	21,70	2590,65	1280,77	20,00	20,00
142	13,10	44,19	22,01	2608,95	1299,06	20,00	20,00
143	13,20	44,50	22,32	2627,25	1317,36	20,00	20,00
144	13,30	44,81	22,63	2645,54	1335,66	20,00	20,00
145	13,40	45,12	22,94	2663,84	1353,95	20,00	20,00
146	13,50	45,43	23,25	2682,14	1372,25	20,00	20,00
147	13,60	45,76	23,56	2700,43	1390,55	20,00	20,00
148	13,70	46,07	23,87	2718,73	1408,84	20,00	20,00
149	13,80	46,36	24,18	2737,03	1427,14	20,00	20,00

## Fase n° 2 - SLU - STR

n°	Y	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,45	0,00	26,78	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,91	0,00	53,56	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,36	0,00	80,65	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,81	0,00	121,04	0,00	20,00	20,00
6	0,50	2,27	0,00	208,94	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,72	0,00	441,95	0,00	20,00	20,00
8	0,70	3,18	0,00	864,02	0,00	20,00	20,00
9	0,80	3,63	0,00	976,74	0,00	20,00	20,00
10	0,90	4,08	0,00	819,70	0,00	20,00	20,00
11	1,00	4,54	0,00	800,36	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,99	0,00	806,82	0,00	20,00	20,00
13	1,20	5,44	0,00	822,25	0,00	20,00	20,00
14	1,30	5,90	0,00	841,90	0,00	20,00	20,00
15	1,40	6,35	0,00	863,86	0,00	20,00	20,00
16	1,50	6,80	0,00	887,21	0,00	20,00	20,00
17	1,60	7,26	0,00	812,41	0,00	20,00	20,00
18	1,70	7,71	0,00	639,68	0,00	20,00	20,00
19	1,80	8,17	0,00	564,59	0,00	20,00	20,00
20	1,90	8,62	0,00	586,55	0,00	20,00	20,00
21	2,00	9,07	0,00	608,80	0,00	20,00	20,00
22	2,10	9,53	0,00	631,34	0,00	20,00	20,00
23	2,20	11,96	0,00	654,14	0,00	20,00	20,00
24	2,30	15,06	0,00	677,19	0,00	20,00	20,00
25	2,40	16,24	0,00	699,30	0,00	20,00	20,00
26	2,48	16,71	0,00	715,70	0,00	20,00	20,00
27	2,50	18,63	0,00	575,23	0,00	20,00	20,00
28	2,52	20,57	0,00	431,62	0,00	17,00	17,00
29	2,60	21,00	0,00	439,30	0,00	17,00	17,00
30	2,70	21,55	0,00	449,71	0,00	17,00	17,00
31	2,80	22,11	0,00	456,14	0,00	17,00	17,00
32	2,90	22,65	0,00	453,45	0,00	17,00	17,00
33	3,00	23,17	0,00	455,25	0,00	17,00	17,00
34	3,10	23,67	0,00	466,10	0,00	17,00	17,00

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{yv}$	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{yv}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
35	3,20	24,17	0,00	476,94	0,00	17,00	17,00
36	3,30	24,66	0,00	487,76	0,00	17,00	17,00
37	3,40	25,13	0,00	498,58	0,00	17,00	17,00
38	3,50	25,60	0,00	509,39	0,00	17,00	17,00
39	3,60	26,06	0,00	520,19	0,00	17,00	17,00
40	3,70	26,51	0,00	530,98	0,00	17,00	17,00
41	3,80	26,96	0,00	541,78	0,00	17,00	17,00
42	3,90	27,41	0,00	552,57	0,00	17,00	17,00
43	4,00	27,84	0,00	563,35	0,00	17,00	17,00
44	4,10	28,28	0,00	574,14	0,00	17,00	17,00
45	4,20	28,71	0,00	584,92	0,00	17,00	17,00
46	4,30	29,13	0,00	595,71	0,00	17,00	17,00
47	4,40	29,54	0,00	605,96	0,00	17,00	17,00
48	4,48	29,83	0,00	613,51	0,00	17,00	17,00
49	4,50	29,98	0,00	617,29	0,00	17,00	17,00
50	4,52	30,13	0,00	621,07	0,00	17,00	17,00
51	4,60	30,42	0,00	635,99	0,00	17,00	17,00
52	4,70	31,16	0,00	659,33	0,00	17,00	17,00
53	4,80	32,01	0,00	675,91	0,00	17,00	17,00
54	4,90	32,52	0,00	686,83	0,00	17,00	17,00
55	5,00	32,92	0,00	697,75	0,00	17,00	17,00
56	5,10	33,33	0,00	708,68	0,00	17,00	17,00
57	5,20	33,73	0,00	719,61	0,00	17,00	17,00
58	5,30	34,14	0,00	730,55	0,00	17,00	17,00
59	5,40	34,54	0,00	741,49	0,00	17,00	17,00
60	5,50	34,94	0,00	752,43	0,00	17,00	17,00
61	5,60	35,34	0,00	763,39	0,00	17,00	17,00
62	5,70	35,74	0,00	774,34	0,00	17,00	17,00
63	5,80	36,14	0,00	785,30	0,00	17,00	17,00
64	5,90	36,53	0,00	796,27	0,00	17,00	17,00
65	6,00	36,93	0,00	807,24	0,00	17,00	17,00
66	6,10	37,32	0,38	818,22	11,17	17,00	17,00
67	6,20	37,72	0,77	829,20	22,33	17,00	17,00
68	6,30	38,11	1,15	840,19	33,50	17,00	17,00
69	6,40	38,49	1,51	850,63	44,11	17,00	17,00
70	6,48	38,77	1,78	858,32	51,93	17,00	17,00
71	6,50	38,90	1,91	862,17	55,83	17,00	17,00
72	6,52	39,03	2,05	866,02	59,74	17,00	17,00
73	6,60	39,31	2,32	873,72	67,56	17,00	17,00
74	6,70	39,68	2,68	884,18	78,17	17,00	17,00
75	6,80	40,08	3,06	895,18	89,34	17,00	17,00
76	6,90	40,47	3,45	906,20	100,50	17,00	17,00
77	7,00	40,86	3,83	917,21	111,67	17,00	17,00
78	7,10	41,25	4,21	928,23	122,84	17,00	17,00
79	7,20	41,64	4,60	939,26	134,00	17,00	17,00
80	7,30	42,03	4,98	950,29	145,17	17,00	17,00
81	7,40	42,42	5,36	961,32	156,34	17,00	17,00
82	7,50	42,81	5,74	972,35	167,50	17,00	17,00
83	7,60	43,20	6,13	983,39	178,67	17,00	17,00
84	7,70	43,59	6,51	994,44	189,84	17,00	17,00
85	7,80	43,98	6,89	1005,48	201,00	17,00	17,00
86	7,90	44,37	7,28	1016,53	212,17	17,00	17,00
87	8,00	44,76	7,66	1027,59	223,34	17,00	17,00
88	8,10	45,15	8,04	1038,64	234,50	17,00	17,00
89	8,20	45,53	8,43	1049,70	245,67	17,00	17,00
90	8,30	45,92	8,81	1060,76	256,84	17,00	17,00
91	8,40	46,31	9,19	1071,83	268,01	17,00	17,00
92	8,50	46,70	9,57	1082,89	279,17	17,00	17,00
93	8,60	47,08	9,96	1093,97	290,34	17,00	17,00
94	8,70	47,47	10,34	1105,04	301,51	17,00	17,00
95	8,80	47,86	10,72	1116,11	312,67	17,00	17,00
96	8,90	48,24	11,11	1127,19	323,84	17,00	17,00
97	9,00	48,63	11,49	1138,27	335,01	17,00	17,00
98	9,10	49,02	11,87	1149,35	346,17	17,00	17,00
99	9,20	49,40	12,26	1160,44	357,34	17,00	17,00
100	9,30	49,79	12,64	1171,53	368,51	17,00	17,00
101	9,40	50,15	13,00	1182,06	379,12	17,00	17,00
102	9,48	50,43	13,27	1189,82	386,93	17,00	17,00
103	9,50	45,07	11,99	1882,86	551,47	20,00	20,00
104	9,52	40,77	10,83	2271,91	682,29	20,00	20,00
105	9,60	42,05	11,17	1978,66	659,60	20,00	20,00
106	9,70	42,34	11,47	1995,52	676,98	20,00	20,00
107	9,80	42,65	11,78	2023,09	695,27	20,00	20,00
108	9,90	42,96	12,09	2060,62	713,57	20,00	20,00
109	10,00	43,25	12,40	2088,45	731,87	20,00	20,00
110	10,10	43,56	12,71	2106,42	750,16	20,00	20,00
111	10,20	43,90	13,02	2124,43	768,46	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{yv}$	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{yv}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
112	10,30	44,21	13,33	2142,45	786,76	20,00	20,00
113	10,40	44,52	13,64	2160,50	805,05	20,00	20,00
114	10,50	44,84	13,95	2178,56	823,35	20,00	20,00
115	10,60	45,12	14,26	2196,64	841,65	20,00	20,00
116	10,70	45,43	14,57	2214,74	859,94	20,00	20,00
117	10,80	45,77	14,88	2232,84	878,24	20,00	20,00
118	10,90	46,08	15,19	2250,97	896,54	20,00	20,00
119	11,00	46,37	15,50	2269,10	914,83	20,00	20,00
120	11,10	46,68	15,81	2287,24	933,13	20,00	20,00
121	11,20	47,02	16,12	2305,40	951,43	20,00	20,00
122	11,30	47,30	16,43	2323,56	969,72	20,00	20,00
123	11,40	47,62	16,74	2342,27	988,02	20,00	20,00
124	11,50	47,96	17,05	2362,88	1006,32	20,00	20,00
125	11,60	48,24	17,36	2383,92	1024,61	20,00	20,00
126	11,70	48,55	17,67	2397,05	1042,91	20,00	20,00
127	11,80	48,86	17,98	2375,19	1061,21	20,00	20,00
128	11,90	49,17	18,29	2393,34	1079,50	20,00	20,00
129	12,00	49,51	18,60	2411,49	1097,80	20,00	20,00
130	12,10	49,80	18,91	2429,66	1116,10	20,00	20,00
131	12,20	49,99	19,22	2447,83	1134,39	20,00	20,00
132	12,30	49,93	19,53	2466,00	1152,69	20,00	20,00
133	12,40	49,92	19,82	2483,27	1170,07	20,00	20,00
134	12,48	50,11	20,04	2496,00	1182,88	20,00	20,00
135	12,50	50,36	20,15	2502,37	1189,28	20,00	20,00
136	12,52	50,47	20,25	2508,73	1195,69	20,00	20,00
137	12,60	50,58	20,47	2521,47	1208,50	20,00	20,00
138	12,70	50,87	20,77	2538,76	1225,88	20,00	20,00
139	12,80	51,18	21,08	2556,96	1244,17	20,00	20,00
140	12,90	51,49	21,39	2575,16	1262,47	20,00	20,00
141	13,00	51,81	21,70	2593,37	1280,77	20,00	20,00
142	13,10	52,12	22,01	2611,59	1299,06	20,00	20,00
143	13,20	52,43	22,32	2629,80	1317,36	20,00	20,00
144	13,30	52,74	22,63	2648,02	1335,66	20,00	20,00
145	13,40	53,05	22,94	2666,25	1353,95	20,00	20,00
146	13,50	53,36	23,25	2684,47	1372,25	20,00	20,00
147	13,60	53,67	23,56	2702,70	1390,55	20,00	20,00
148	13,70	53,99	23,87	2720,94	1408,84	20,00	20,00
149	13,80	54,30	24,18	2739,17	1427,14	20,00	20,00

## Fase n° 3 - SLV - STR

n°	Y	$\sigma_m$	$\sigma_v$	$\sigma_m$	$\sigma_v$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,38	0,00	19,96	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,76	0,00	39,92	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,14	0,00	60,20	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,53	0,00	90,88	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,91	0,00	157,63	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,29	0,00	334,09	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,67	0,00	784,12	0,00	20,00	20,00
9	0,80	3,05	0,00	950,07	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,43	0,00	762,57	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,81	0,00	723,58	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,20	0,00	720,22	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,58	0,00	727,65	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,96	0,00	739,90	0,00	20,00	20,00
15	1,40	5,34	0,00	754,71	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,72	0,00	731,21	0,00	20,00	20,00
17	1,60	6,10	0,00	557,90	0,00	20,00	20,00
18	1,70	6,48	0,00	423,70	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,87	0,00	439,30	0,00	20,00	20,00
20	1,90	8,46	0,00	455,13	0,00	20,00	20,00
21	2,00	11,45	0,00	471,18	0,00	20,00	20,00
22	2,10	13,38	0,00	487,43	0,00	20,00	20,00
23	2,20	14,04	0,00	503,89	0,00	20,00	20,00
24	2,30	14,67	0,00	520,54	0,00	20,00	20,00
25	2,40	15,24	0,00	536,52	0,00	20,00	20,00
26	2,48	15,65	0,00	548,38	0,00	20,00	20,00
27	2,50	17,31	0,00	438,20	0,00	20,00	20,00
28	2,52	18,97	0,00	325,40	0,00	17,00	17,00
29	2,60	19,31	0,00	329,97	0,00	17,00	17,00
30	2,70	19,74	0,00	336,16	0,00	17,00	17,00
31	2,80	20,18	0,00	334,61	0,00	17,00	17,00
32	2,90	20,59	0,00	326,91	0,00	17,00	17,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
33	3,00	20,99	0,00	327,23	0,00	17,00	17,00
34	3,10	21,37	0,00	333,69	0,00	17,00	17,00
35	3,20	21,74	0,00	340,13	0,00	17,00	17,00
36	3,30	22,10	0,00	346,57	0,00	17,00	17,00
37	3,40	22,45	0,00	353,00	0,00	17,00	17,00
38	3,50	22,79	0,00	359,43	0,00	17,00	17,00
39	3,60	23,13	0,00	365,85	0,00	17,00	17,00
40	3,70	23,46	0,00	372,26	0,00	17,00	17,00
41	3,80	23,78	0,00	378,67	0,00	17,00	17,00
42	3,90	24,10	0,00	385,08	0,00	17,00	17,00
43	4,00	24,41	0,00	391,49	0,00	17,00	17,00
44	4,10	24,72	0,00	397,90	0,00	17,00	17,00
45	4,20	25,03	0,00	404,30	0,00	17,00	17,00
46	4,30	25,33	0,00	410,70	0,00	17,00	17,00
47	4,40	25,61	0,00	416,79	0,00	17,00	17,00
48	4,48	25,82	0,00	422,22	0,00	17,00	17,00
49	4,50	25,93	0,00	430,38	0,00	17,00	17,00
50	4,52	26,43	0,00	444,54	0,00	17,00	17,00
51	4,60	27,11	0,00	456,56	0,00	17,00	17,00
52	4,70	27,46	0,00	463,27	0,00	17,00	17,00
53	4,80	27,74	0,00	469,77	0,00	17,00	17,00
54	4,90	28,03	0,00	476,28	0,00	17,00	17,00
55	5,00	28,31	0,00	482,79	0,00	17,00	17,00
56	5,10	28,59	0,00	489,30	0,00	17,00	17,00
57	5,20	28,87	0,00	495,82	0,00	17,00	17,00
58	5,30	29,14	0,00	502,34	0,00	17,00	17,00
59	5,40	29,42	0,00	508,87	0,00	17,00	17,00
60	5,50	29,70	0,00	515,40	0,00	17,00	17,00
61	5,60	29,97	0,00	521,93	0,00	17,00	17,00
62	5,70	30,25	0,00	528,47	0,00	17,00	17,00
63	5,80	30,52	0,00	535,02	0,00	17,00	17,00
64	5,90	30,79	0,00	541,56	0,00	17,00	17,00
65	6,00	31,07	0,00	548,11	0,00	17,00	17,00
66	6,10	31,34	0,26	554,67	6,74	17,00	17,00
67	6,20	31,61	0,52	561,23	13,47	17,00	17,00
68	6,30	31,88	0,78	567,79	20,21	17,00	17,00
69	6,40	32,14	1,02	574,03	26,61	17,00	17,00
70	6,48	32,33	1,20	578,63	31,32	17,00	17,00
71	6,50	32,42	1,29	580,93	33,68	17,00	17,00
72	6,52	32,51	1,38	583,23	36,04	17,00	17,00
73	6,60	32,70	1,57	587,84	40,75	17,00	17,00
74	6,70	32,96	1,81	594,09	47,15	17,00	17,00
75	6,80	33,22	2,07	600,67	53,89	17,00	17,00
76	6,90	33,49	2,33	607,26	60,63	17,00	17,00
77	7,00	33,76	2,59	613,84	67,36	17,00	17,00
78	7,10	34,02	2,85	620,44	74,10	17,00	17,00
79	7,20	34,29	3,11	627,03	80,84	17,00	17,00
80	7,30	34,56	3,37	633,63	87,57	17,00	17,00
81	7,40	34,82	3,62	640,24	94,31	17,00	17,00
82	7,50	35,09	3,88	646,84	101,04	17,00	17,00
83	7,60	35,35	4,14	653,45	107,78	17,00	17,00
84	7,70	35,62	4,40	660,07	114,52	17,00	17,00
85	7,80	35,88	4,66	666,68	121,25	17,00	17,00
86	7,90	36,15	4,92	673,30	127,99	17,00	17,00
87	8,00	36,41	5,18	679,92	134,73	17,00	17,00
88	8,10	36,67	5,44	686,55	141,46	17,00	17,00
89	8,20	36,94	5,69	693,17	148,20	17,00	17,00
90	8,30	37,20	5,95	699,80	154,93	17,00	17,00
91	8,40	37,47	6,21	706,44	161,67	17,00	17,00
92	8,50	37,73	6,47	713,07	168,41	17,00	17,00
93	8,60	37,99	6,73	719,71	175,14	17,00	17,00
94	8,70	38,26	6,99	726,35	181,88	17,00	17,00
95	8,80	38,52	7,25	732,99	188,62	17,00	17,00
96	8,90	38,78	7,51	739,63	195,35	17,00	17,00
97	9,00	39,04	7,77	746,28	202,09	17,00	17,00
98	9,10	39,31	8,02	752,93	208,82	17,00	17,00
99	9,20	39,57	8,28	759,58	215,56	17,00	17,00
100	9,30	39,83	8,54	766,23	222,30	17,00	17,00
101	9,40	40,08	8,79	772,55	228,70	17,00	17,00
102	9,48	40,27	8,97	777,21	233,41	17,00	17,00
103	9,50	36,21	8,14	1297,06	332,79	20,00	20,00
104	9,52	33,00	7,38	1553,08	412,06	20,00	20,00
105	9,60	33,99	7,62	1295,60	398,60	20,00	20,00
106	9,70	34,22	7,82	1305,53	409,11	20,00	20,00
107	9,80	34,43	8,03	1328,79	420,16	20,00	20,00
108	9,90	34,62	8,24	1359,65	431,22	20,00	20,00
109	10,00	34,83	8,45	1377,80	442,28	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
110	10,10	35,05	8,66	1388,50	453,33	20,00	20,00
111	10,20	35,24	8,87	1399,21	464,39	20,00	20,00
112	10,30	35,45	9,09	1409,96	475,45	20,00	20,00
113	10,40	35,69	9,30	1420,73	486,50	20,00	20,00
114	10,50	35,90	9,51	1431,51	497,56	20,00	20,00
115	10,60	36,12	9,72	1442,32	508,62	20,00	20,00
116	10,70	36,33	9,93	1453,14	519,68	20,00	20,00
117	10,80	36,54	10,14	1463,98	530,73	20,00	20,00
118	10,90	36,76	10,35	1474,83	541,79	20,00	20,00
119	11,00	36,94	10,56	1485,70	552,85	20,00	20,00
120	11,10	37,16	10,78	1496,57	563,90	20,00	20,00
121	11,20	37,40	10,99	1507,46	574,96	20,00	20,00
122	11,30	37,61	11,20	1508,28	586,02	20,00	20,00
123	11,40	37,82	11,41	1499,13	597,07	20,00	20,00
124	11,50	38,01	11,62	1500,02	608,13	20,00	20,00
125	11,60	38,22	11,83	1510,87	619,19	20,00	20,00
126	11,70	38,46	12,04	1521,73	630,24	20,00	20,00
127	11,80	38,65	12,25	1532,60	641,30	20,00	20,00
128	11,90	38,86	12,47	1543,47	652,36	20,00	20,00
129	12,00	38,92	12,68	1554,36	663,42	20,00	20,00
130	12,10	38,71	12,89	1565,25	674,47	20,00	20,00
131	12,20	38,68	13,10	1576,15	685,53	20,00	20,00
132	12,30	38,87	13,31	1587,06	696,59	20,00	20,00
133	12,40	39,08	13,51	1597,43	707,09	20,00	20,00
134	12,48	39,23	13,66	1605,08	714,83	20,00	20,00
135	12,50	39,27	13,73	1608,90	718,70	20,00	20,00
136	12,52	39,38	13,81	1612,72	722,57	20,00	20,00
137	12,60	39,55	13,95	1620,37	730,31	20,00	20,00
138	12,70	39,72	14,15	1630,76	740,81	20,00	20,00
139	12,80	40,03	14,37	1641,70	751,87	20,00	20,00
140	12,90	40,25	14,58	1652,65	762,93	20,00	20,00
141	13,00	40,19	14,79	1663,59	773,98	20,00	20,00
142	13,10	40,15	15,00	1674,55	785,04	20,00	20,00
143	13,20	40,13	15,21	1685,51	796,10	20,00	20,00
144	13,30	40,09	15,42	1696,47	807,16	20,00	20,00
145	13,40	40,04	15,63	1707,43	818,21	20,00	20,00
146	13,50	39,98	15,85	1718,40	829,27	20,00	20,00
147	13,60	39,91	16,06	1729,37	840,33	20,00	20,00
148	13,70	39,83	16,27	1740,35	851,38	20,00	20,00
149	13,80	39,83	16,48	1751,33	862,44	20,00	20,00

## Fase n° 1 - SLU - GEO

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16.23	16.23
2	0,10	0,45	0,00	11,36	0,00	16.23	16.23
3	0,20	0,90	0,00	22,71	0,00	16.23	16.23
4	0,30	1,36	0,00	34,07	0,00	16.23	16.23
5	0,40	1,81	0,00	45,42	0,00	16.23	16.23
6	0,50	2,26	0,00	56,78	0,00	16.23	16.23
7	0,60	2,71	0,00	68,14	0,00	16.23	16.23
8	0,70	3,16	0,00	79,49	0,00	16.23	16.23
9	0,80	3,62	0,00	90,85	0,00	16.23	16.23
10	0,90	4,07	0,00	102,21	0,00	16.23	16.23
11	1,00	4,52	0,00	113,56	0,00	16.23	16.23
12	1,10	4,97	0,00	124,92	0,00	16.23	16.23
13	1,20	5,42	0,00	136,27	0,00	16.23	16.23
14	1,30	5,88	0,00	147,63	0,00	16.23	16.23
15	1,40	6,33	0,00	158,99	0,00	16.23	16.23
16	1,50	6,78	0,00	170,34	0,00	16.23	16.23
17	1,60	7,23	0,00	181,70	0,00	16.23	16.23
18	1,70	7,68	0,00	193,05	0,00	16.23	16.23
19	1,80	8,14	0,00	204,41	0,00	16.23	16.23
20	1,90	8,59	0,00	215,77	0,00	16.23	16.23
21	2,00	9,04	0,00	227,12	0,00	16.23	16.23
22	2,10	9,49	0,00	238,48	0,00	16.23	16.23
23	2,20	9,94	0,00	249,84	0,00	16.23	16.23
24	2,30	10,39	0,00	261,19	0,00	16.23	16.23
25	2,40	10,82	0,00	271,98	0,00	16.23	16.23
26	2,48	11,14	0,00	279,93	0,00	16.23	16.23
27	2,50	12,40	0,00	241,50	0,00	16.23	16.23
28	2,52	13,68	0,00	201,34	0,00	13.74	13.74
29	2,60	13,95	0,00	204,44	0,00	13.74	13.74
30	2,70	14,24	0,00	208,65	0,00	13.74	13.74

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
31	2,80	14,54	0,00	213,08	0,00	13,74	13,74
32	2,90	14,84	0,00	217,50	0,00	13,74	13,74
33	3,00	15,14	0,00	221,93	0,00	13,74	13,74
34	3,10	15,45	0,00	226,36	0,00	13,74	13,74
35	3,20	15,75	0,00	230,78	0,00	13,74	13,74
36	3,30	16,05	0,00	235,21	0,00	13,74	13,74
37	3,40	16,35	0,00	239,64	0,00	13,74	13,74
38	3,50	16,65	0,00	244,06	0,00	13,74	13,74
39	3,60	16,96	0,00	248,49	0,00	13,74	13,74
40	3,70	17,26	0,00	252,92	0,00	13,74	13,74
41	3,80	17,56	0,00	257,34	0,00	13,74	13,74
42	3,90	17,86	0,00	261,77	0,00	13,74	13,74
43	4,00	18,16	0,00	266,20	0,00	13,74	13,74
44	4,10	18,47	0,00	270,62	0,00	13,74	13,74
45	4,20	18,77	0,00	275,05	0,00	13,74	13,74
46	4,30	19,07	0,00	279,48	0,00	13,74	13,74
47	4,40	19,36	0,00	283,68	0,00	13,74	13,74
48	4,48	19,57	0,00	286,78	0,00	13,74	13,74
49	4,50	19,67	0,00	288,33	0,00	13,74	13,74
50	4,52	19,78	0,00	289,88	0,00	13,74	13,74
51	4,60	19,99	0,00	292,98	0,00	13,74	13,74
52	4,70	20,28	0,00	297,18	0,00	13,74	13,74
53	4,80	20,58	0,00	301,61	0,00	13,74	13,74
54	4,90	20,88	0,00	306,03	0,00	13,74	13,74
55	5,00	21,18	0,00	310,46	0,00	13,74	13,74
56	5,10	21,49	0,00	314,89	0,00	13,74	13,74
57	5,20	21,79	0,00	319,31	0,00	13,74	13,74
58	5,30	22,09	0,00	323,74	0,00	13,74	13,74
59	5,40	22,39	0,00	328,17	0,00	13,74	13,74
60	5,50	22,70	0,00	332,59	0,00	13,74	13,74
61	5,60	23,00	0,00	337,02	0,00	13,74	13,74
62	5,70	23,30	0,00	341,45	0,00	13,74	13,74
63	5,80	23,60	0,00	345,87	0,00	13,74	13,74
64	5,90	23,90	0,00	350,30	0,00	13,74	13,74
65	6,00	24,20	0,00	354,73	0,00	13,74	13,74
66	6,10	24,51	0,30	359,15	4,43	13,74	13,74
67	6,20	24,81	0,60	363,58	8,85	13,74	13,74
68	6,30	25,11	0,91	368,01	13,28	13,74	13,74
69	6,40	25,40	1,19	372,21	17,49	13,74	13,74
70	6,48	25,61	1,40	375,31	20,58	13,74	13,74
71	6,50	25,71	1,51	376,86	22,13	13,74	13,74
72	6,52	25,82	1,62	378,41	23,68	13,74	13,74
73	6,60	26,03	1,83	381,51	26,78	13,74	13,74
74	6,70	26,32	2,11	385,71	30,99	13,74	13,74
75	6,80	26,62	2,42	390,14	35,41	13,74	13,74
76	6,90	26,92	2,72	394,57	39,84	13,74	13,74
77	7,00	27,23	3,02	398,99	44,27	13,74	13,74
78	7,10	27,53	3,32	403,42	48,69	13,74	13,74
79	7,20	27,83	3,62	407,85	53,12	13,74	13,74
80	7,30	28,13	3,93	412,27	57,55	13,74	13,74
81	7,40	28,43	4,23	416,70	61,97	13,74	13,74
82	7,50	28,74	4,53	421,13	66,40	13,74	13,74
83	7,60	29,04	4,83	425,55	70,83	13,74	13,74
84	7,70	29,34	5,13	429,98	75,25	13,74	13,74
85	7,80	29,64	5,44	434,41	79,68	13,74	13,74
86	7,90	29,94	5,74	438,83	84,11	13,74	13,74
87	8,00	30,25	6,04	443,26	88,53	13,74	13,74
88	8,10	30,55	6,34	447,69	92,96	13,74	13,74
89	8,20	30,85	6,65	452,11	97,39	13,74	13,74
90	8,30	31,15	6,95	456,54	101,81	13,74	13,74
91	8,40	31,45	7,25	460,97	106,24	13,74	13,74
92	8,50	31,76	7,55	465,39	110,67	13,74	13,74
93	8,60	32,06	7,85	469,82	115,09	13,74	13,74
94	8,70	32,36	8,16	474,25	119,52	13,74	13,74
95	8,80	32,66	8,46	478,67	123,95	13,74	13,74
96	8,90	32,96	8,76	483,10	128,37	13,74	13,74
97	9,00	33,27	9,06	487,53	132,80	13,74	13,74
98	9,10	33,57	9,36	491,95	137,23	13,74	13,74
99	9,20	33,87	9,67	496,38	141,65	13,74	13,74
100	9,30	34,17	9,97	500,81	146,08	13,74	13,74
101	9,40	34,46	10,25	505,01	150,28	13,74	13,74
102	9,48	34,67	10,47	508,11	153,38	13,74	13,74
103	9,50	31,08	9,55	656,33	196,13	16,23	16,23
104	9,52	28,19	8,73	765,71	230,85	16,23	16,23
105	9,60	29,10	9,02	730,82	226,76	16,23	16,23
106	9,70	29,33	9,26	736,79	232,74	16,23	16,23
107	9,80	29,57	9,51	743,08	239,03	16,23	16,23

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
108	9,90	29,84	9,77	749,37	245,32	16,23	16,23
109	10,00	30,09	10,01	755,66	251,61	16,23	16,23
110	10,10	30,32	10,26	761,95	257,90	16,23	16,23
111	10,20	30,57	10,52	768,24	264,19	16,23	16,23
112	10,30	30,84	10,77	774,53	270,48	16,23	16,23
113	10,40	31,09	11,02	780,82	276,77	16,23	16,23
114	10,50	31,32	11,27	787,11	283,06	16,23	16,23
115	10,60	31,57	11,52	793,40	289,35	16,23	16,23
116	10,70	31,84	11,77	799,69	295,64	16,23	16,23
117	10,80	32,09	12,02	805,98	301,93	16,23	16,23
118	10,90	32,32	12,27	812,27	308,22	16,23	16,23
119	11,00	32,57	12,52	818,57	314,51	16,23	16,23
120	11,10	32,82	12,77	824,86	320,80	16,23	16,23
121	11,20	33,09	13,02	831,15	327,09	16,23	16,23
122	11,30	33,34	13,27	837,44	333,38	16,23	16,23
123	11,40	33,58	13,52	843,73	339,67	16,23	16,23
124	11,50	33,83	13,77	850,02	345,96	16,23	16,23
125	11,60	34,08	14,02	856,31	352,25	16,23	16,23
126	11,70	34,34	14,27	862,60	358,54	16,23	16,23
127	11,80	34,59	14,52	868,89	364,83	16,23	16,23
128	11,90	34,83	14,77	875,18	371,12	16,23	16,23
129	12,00	35,08	15,02	881,47	377,41	16,23	16,23
130	12,10	35,33	15,27	887,76	383,70	16,23	16,23
131	12,20	35,58	15,52	894,05	389,99	16,23	16,23
132	12,30	35,85	15,77	900,34	396,28	16,23	16,23
133	12,40	36,08	16,01	906,31	402,25	16,23	16,23
134	12,48	36,24	16,19	910,72	406,66	16,23	16,23
135	12,50	36,33	16,27	912,92	408,86	16,23	16,23
136	12,52	36,42	16,36	915,12	411,06	16,23	16,23
137	12,60	36,59	16,53	919,52	415,46	16,23	16,23
138	12,70	36,83	16,77	925,50	421,44	16,23	16,23
139	12,80	37,08	17,02	931,79	427,73	16,23	16,23
140	12,90	37,33	17,27	938,08	434,02	16,23	16,23
141	13,00	37,58	17,52	944,37	440,31	16,23	16,23
142	13,10	37,85	17,78	950,66	446,60	16,23	16,23
143	13,20	38,10	18,03	956,95	452,89	16,23	16,23
144	13,30	38,33	18,27	963,24	459,18	16,23	16,23
145	13,40	38,58	18,52	969,53	465,47	16,23	16,23
146	13,50	38,83	18,77	975,82	471,76	16,23	16,23
147	13,60	39,08	19,03	982,11	478,05	16,23	16,23
148	13,70	39,33	19,28	988,40	484,34	16,23	16,23
149	13,80	39,58	19,53	994,69	490,63	16,23	16,23

## Fase n° 2 - SLU - GEO

n°	Y	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{sm}$	$\sigma_{sv}$	$\delta_s$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16.23	16.23
2	0,10	0,45	0,00	11,36	0,00	16.23	16.23
3	0,20	0,90	0,00	22,71	0,00	16.23	16.23
4	0,30	1,36	0,00	34,07	0,00	16.23	16.23
5	0,40	1,81	0,00	45,42	0,00	16.23	16.23
6	0,50	2,26	0,00	59,29	0,00	16.23	16.23
7	0,60	2,71	0,00	82,22	0,00	16.23	16.23
8	0,70	3,16	0,00	121,46	0,00	16.23	16.23
9	0,80	3,62	0,00	191,24	0,00	16.23	16.23
10	0,90	4,07	0,00	335,20	0,00	16.23	16.23
11	1,00	4,52	0,00	557,97	0,00	16.23	16.23
12	1,10	4,97	0,00	592,06	0,00	16.23	16.23
13	1,20	5,42	0,00	482,68	0,00	16.23	16.23
14	1,30	5,88	0,00	458,67	0,00	16.23	16.23
15	1,40	6,33	0,00	454,11	0,00	16.23	16.23
16	1,50	6,78	0,00	456,35	0,00	16.23	16.23
17	1,60	7,23	0,00	461,85	0,00	16.23	16.23
18	1,70	10,17	0,00	469,17	0,00	16.23	16.23
19	1,80	13,59	0,00	477,59	0,00	16.23	16.23
20	1,90	14,72	0,00	486,75	0,00	16.23	16.23
21	2,00	15,53	0,00	496,40	0,00	16.23	16.23
22	2,10	16,29	0,00	453,35	0,00	16.23	16.23
23	2,20	17,02	0,00	356,25	0,00	16.23	16.23
24	2,30	17,72	0,00	311,71	0,00	16.23	16.23
25	2,40	18,36	0,00	320,43	0,00	16.23	16.23
26	2,48	18,83	0,00	326,90	0,00	16.23	16.23
27	2,50	20,66	0,00	275,18	0,00	16.23	16.23
28	2,52	22,48	0,00	222,17	0,00	13.74	13.74



n°	Y	$\sigma_{\text{um}}$	$\sigma_{\text{ov}}$	$\sigma_{\text{um}}$	$\sigma_{\text{ov}}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
29	2,60	22,86	0,00	225,05	0,00	13,74	13,74
30	2,70	23,34	0,00	228,95	0,00	13,74	13,74
31	2,80	23,82	0,00	232,01	0,00	13,74	13,74
32	2,90	24,28	0,00	228,75	0,00	13,74	13,74
33	3,00	24,73	0,00	226,53	0,00	13,74	13,74
34	3,10	25,16	0,00	230,66	0,00	13,74	13,74
35	3,20	25,58	0,00	234,77	0,00	13,74	13,74
36	3,30	25,99	0,00	238,88	0,00	13,74	13,74
37	3,40	26,39	0,00	242,99	0,00	13,74	13,74
38	3,50	26,78	0,00	247,09	0,00	13,74	13,74
39	3,60	27,16	0,00	251,19	0,00	13,74	13,74
40	3,70	27,54	0,00	255,29	0,00	13,74	13,74
41	3,80	27,91	0,00	259,39	0,00	13,74	13,74
42	3,90	28,28	0,00	263,49	0,00	13,74	13,74
43	4,00	28,64	0,00	267,58	0,00	13,74	13,74
44	4,10	29,00	0,00	271,68	0,00	13,74	13,74
45	4,20	29,35	0,00	275,78	0,00	13,74	13,74
46	4,30	29,81	0,00	279,89	0,00	13,74	13,74
47	4,40	30,63	0,00	283,79	0,00	13,74	13,74
48	4,48	31,25	0,00	286,66	0,00	13,74	13,74
49	4,50	31,37	0,00	288,10	0,00	13,74	13,74
50	4,52	31,48	0,00	289,54	0,00	13,74	13,74
51	4,60	31,72	0,00	292,42	0,00	13,74	13,74
52	4,70	32,04	0,00	296,33	0,00	13,74	13,74
53	4,80	32,37	0,00	301,45	0,00	13,74	13,74
54	4,90	32,70	0,00	311,92	0,00	13,74	13,74
55	5,00	33,03	0,00	321,61	0,00	13,74	13,74
56	5,10	33,36	0,00	325,98	0,00	13,74	13,74
57	5,20	33,68	0,00	330,16	0,00	13,74	13,74
58	5,30	34,00	0,00	334,34	0,00	13,74	13,74
59	5,40	34,33	0,00	338,53	0,00	13,74	13,74
60	5,50	34,65	0,00	342,72	0,00	13,74	13,74
61	5,60	34,97	0,00	346,92	0,00	13,74	13,74
62	5,70	35,29	0,00	351,12	0,00	13,74	13,74
63	5,80	35,61	0,00	355,33	0,00	13,74	13,74
64	5,90	35,93	0,00	359,55	0,00	13,74	13,74
65	6,00	36,24	0,00	363,77	0,00	13,74	13,74
66	6,10	36,56	0,30	367,99	4,43	13,74	13,74
67	6,20	36,88	0,60	372,22	8,85	13,74	13,74
68	6,30	37,19	0,91	376,46	13,28	13,74	13,74
69	6,40	37,49	1,19	380,48	17,49	13,74	13,74
70	6,48	37,71	1,40	383,45	20,58	13,74	13,74
71	6,50	37,82	1,51	384,94	22,13	13,74	13,74
72	6,52	37,93	1,62	386,42	23,68	13,74	13,74
73	6,60	38,15	1,83	389,40	26,78	13,74	13,74
74	6,70	38,45	2,11	393,44	30,99	13,74	13,74
75	6,80	38,76	2,42	397,70	35,41	13,74	13,74
76	6,90	39,07	2,72	401,96	39,84	13,74	13,74
77	7,00	39,38	3,02	406,22	44,27	13,74	13,74
78	7,10	39,70	3,32	410,49	48,69	13,74	13,74
79	7,20	40,01	3,62	414,77	53,12	13,74	13,74
80	7,30	40,32	3,93	419,04	57,55	13,74	13,74
81	7,40	40,63	4,23	423,32	61,97	13,74	13,74
82	7,50	40,94	4,53	427,61	66,40	13,74	13,74
83	7,60	41,25	4,83	431,90	70,83	13,74	13,74
84	7,70	41,55	5,13	436,19	75,25	13,74	13,74
85	7,80	41,86	5,44	440,48	79,68	13,74	13,74
86	7,90	42,17	5,74	444,78	84,11	13,74	13,74
87	8,00	42,48	6,04	449,08	88,53	13,74	13,74
88	8,10	42,79	6,34	453,39	92,96	13,74	13,74
89	8,20	43,10	6,65	457,70	97,39	13,74	13,74
90	8,30	43,41	6,95	462,01	101,81	13,74	13,74
91	8,40	43,71	7,25	466,32	106,24	13,74	13,74
92	8,50	44,02	7,55	470,64	110,67	13,74	13,74
93	8,60	44,33	7,85	474,96	115,09	13,74	13,74
94	8,70	44,64	8,16	479,28	119,52	13,74	13,74
95	8,80	44,94	8,46	483,60	123,95	13,74	13,74
96	8,90	45,25	8,76	487,93	128,37	13,74	13,74
97	9,00	45,55	9,06	492,26	132,80	13,74	13,74
98	9,10	45,86	9,36	496,59	137,23	13,74	13,74
99	9,20	46,17	9,67	500,92	141,65	13,74	13,74
100	9,30	46,47	9,97	505,26	146,08	13,74	13,74
101	9,40	46,76	10,25	509,38	150,28	13,74	13,74
102	9,48	46,98	10,47	512,42	153,38	13,74	13,74
103	9,50	42,57	9,55	717,75	196,13	16,23	16,23
104	9,52	39,07	8,73	829,44	230,85	16,23	16,23
105	9,60	40,16	9,02	739,55	226,76	16,23	16,23

n°	Y	$\sigma_{\text{um}}$	$\sigma_{\text{ov}}$	$\sigma_{\text{um}}$	$\sigma_{\text{ov}}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
106	9,70	40,42	9,26	745,17	232,74	16,23	16,23
107	9,80	40,68	9,51	751,10	239,03	16,23	16,23
108	9,90	40,91	9,77	762,44	245,32	16,23	16,23
109	10,00	41,16	10,01	777,80	251,61	16,23	16,23
110	10,10	41,41	10,26	787,80	257,90	16,23	16,23
111	10,20	41,67	10,52	793,84	264,19	16,23	16,23
112	10,30	41,92	10,77	799,89	270,48	16,23	16,23
113	10,40	42,17	11,02	805,96	276,77	16,23	16,23
114	10,50	42,43	11,27	812,04	283,06	16,23	16,23
115	10,60	42,68	11,52	818,13	289,35	16,23	16,23
116	10,70	42,93	11,77	824,24	295,64	16,23	16,23
117	10,80	43,18	12,02	830,35	301,93	16,23	16,23
118	10,90	43,41	12,27	836,47	308,22	16,23	16,23
119	11,00	43,67	12,52	842,61	314,51	16,23	16,23
120	11,10	43,94	12,77	848,75	320,80	16,23	16,23
121	11,20	44,19	13,02	854,89	327,09	16,23	16,23
122	11,30	44,45	13,27	861,05	333,38	16,23	16,23
123	11,40	44,70	13,52	867,21	339,67	16,23	16,23
124	11,50	44,93	13,77	873,38	345,96	16,23	16,23
125	11,60	45,18	14,02	879,55	352,25	16,23	16,23
126	11,70	45,46	14,27	885,73	358,54	16,23	16,23
127	11,80	45,68	14,52	891,91	364,83	16,23	16,23
128	11,90	45,52	14,77	894,18	371,12	16,23	16,23
129	12,00	45,28	15,02	891,15	377,41	16,23	16,23
130	12,10	45,23	15,27	892,02	383,70	16,23	16,23
131	12,20	45,19	15,52	898,19	389,99	16,23	16,23
132	12,30	45,18	15,77	904,37	396,28	16,23	16,23
133	12,40	45,19	16,01	910,23	402,25	16,23	16,23
134	12,48	45,03	16,19	914,56	406,66	16,23	16,23
135	12,50	45,21	16,27	916,72	408,86	16,23	16,23
136	12,52	45,38	16,36	918,89	411,06	16,23	16,23
137	12,60	45,12	16,53	923,22	415,46	16,23	16,23
138	12,70	45,00	16,77	929,10	421,44	16,23	16,23
139	12,80	45,09	17,02	935,30	427,73	16,23	16,23
140	12,90	45,02	17,27	941,49	434,02	16,23	16,23
141	13,00	44,98	17,52	947,69	440,31	16,23	16,23
142	13,10	45,09	17,78	953,90	446,60	16,23	16,23
143	13,20	44,89	18,03	960,11	452,89	16,23	16,23
144	13,30	44,80	18,27	966,32	459,18	16,23	16,23
145	13,40	44,89	18,52	972,53	465,47	16,23	16,23
146	13,50	44,88	18,77	978,75	471,76	16,23	16,23
147	13,60	44,81	19,03	984,96	478,05	16,23	16,23
148	13,70	44,85	19,28	991,19	484,34	16,23	16,23
149	13,80	44,95	19,53	997,41	490,63	16,23	16,23

## Fase n° 3 - SLV - GEO

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_o$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,35	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,70	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,05	0,00	62,04	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,40	0,00	93,10	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,74	0,00	160,72	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,09	0,00	339,97	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,44	0,00	801,38	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,79	0,00	976,31	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,14	0,00	787,27	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,49	0,00	746,88	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,84	0,00	743,35	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,19	0,00	750,99	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,54	0,00	763,61	0,00	20,00	20,00
15	1,40	4,89	0,00	778,88	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,23	0,00	795,72	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,58	0,00	622,28	0,00	20,00	20,00
18	1,70	5,93	0,00	442,78	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,28	0,00	453,55	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,63	0,00	469,87	0,00	20,00	20,00
21	2,00	6,98	0,00	486,42	0,00	20,00	20,00
22	2,10	9,14	0,00	503,19	0,00	20,00	20,00
23	2,20	11,96	0,00	520,16	0,00	20,00	20,00
24	2,30	13,09	0,00	537,33	0,00	20,00	20,00
25	2,40	13,64	0,00	553,82	0,00	20,00	20,00
26	2,48	14,03	0,00	566,05	0,00	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
27	2,50	15,60	0,00	453,08	0,00	20,00	20,00
28	2,52	17,16	0,00	337,40	0,00	17,00	17,00
29	2,60	17,50	0,00	342,11	0,00	17,00	17,00
30	2,70	17,91	0,00	348,49	0,00	17,00	17,00
31	2,80	18,33	0,00	347,54	0,00	17,00	17,00
32	2,90	18,74	0,00	339,81	0,00	17,00	17,00
33	3,00	19,12	0,00	339,71	0,00	17,00	17,00
34	3,10	19,48	0,00	346,36	0,00	17,00	17,00
35	3,20	19,84	0,00	353,00	0,00	17,00	17,00
36	3,30	20,19	0,00	359,63	0,00	17,00	17,00
37	3,40	20,52	0,00	366,25	0,00	17,00	17,00
38	3,50	20,85	0,00	372,87	0,00	17,00	17,00
39	3,60	21,17	0,00	379,48	0,00	17,00	17,00
40	3,70	21,48	0,00	386,08	0,00	17,00	17,00
41	3,80	21,78	0,00	392,69	0,00	17,00	17,00
42	3,90	22,09	0,00	399,29	0,00	17,00	17,00
43	4,00	22,38	0,00	405,89	0,00	17,00	17,00
44	4,10	22,67	0,00	412,48	0,00	17,00	17,00
45	4,20	22,96	0,00	419,08	0,00	17,00	17,00
46	4,30	23,25	0,00	425,68	0,00	17,00	17,00
47	4,40	23,51	0,00	431,95	0,00	17,00	17,00
48	4,48	23,71	0,00	436,57	0,00	17,00	17,00
49	4,50	23,81	0,00	439,00	0,00	17,00	17,00
50	4,52	23,90	0,00	451,38	0,00	17,00	17,00
51	4,60	24,24	0,00	469,54	0,00	17,00	17,00
52	4,70	24,94	0,00	479,44	0,00	17,00	17,00
53	4,80	25,52	0,00	486,15	0,00	17,00	17,00
54	4,90	25,78	0,00	492,86	0,00	17,00	17,00
55	5,00	26,05	0,00	499,58	0,00	17,00	17,00
56	5,10	26,31	0,00	506,30	0,00	17,00	17,00
57	5,20	26,57	0,00	513,03	0,00	17,00	17,00
58	5,30	26,83	0,00	519,76	0,00	17,00	17,00
59	5,40	27,09	0,00	526,50	0,00	17,00	17,00
60	5,50	27,34	0,00	533,24	0,00	17,00	17,00
61	5,60	27,60	0,00	539,98	0,00	17,00	17,00
62	5,70	27,86	0,00	546,73	0,00	17,00	17,00
63	5,80	28,11	0,00	553,49	0,00	17,00	17,00
64	5,90	28,36	0,00	560,25	0,00	17,00	17,00
65	6,00	28,62	0,00	567,01	0,00	17,00	17,00
66	6,10	28,87	0,24	573,78	6,96	17,00	17,00
67	6,20	29,12	0,48	580,55	13,93	17,00	17,00
68	6,30	29,37	0,72	587,33	20,89	17,00	17,00
69	6,40	29,61	0,94	593,77	27,51	17,00	17,00
70	6,48	29,79	1,11	598,52	32,38	17,00	17,00
71	6,50	29,87	1,19	600,89	34,82	17,00	17,00
72	6,52	29,95	1,28	603,27	37,26	17,00	17,00
73	6,60	30,13	1,45	608,02	42,13	17,00	17,00
74	6,70	30,37	1,67	614,48	48,75	17,00	17,00
75	6,80	30,62	1,91	621,27	55,71	17,00	17,00
76	6,90	30,86	2,15	628,07	62,68	17,00	17,00
77	7,00	31,11	2,39	634,88	69,64	17,00	17,00
78	7,10	31,36	2,63	641,69	76,60	17,00	17,00
79	7,20	31,61	2,87	648,50	83,57	17,00	17,00
80	7,30	31,85	3,11	655,32	90,53	17,00	17,00
81	7,40	32,10	3,34	662,14	97,50	17,00	17,00
82	7,50	32,35	3,58	668,96	104,46	17,00	17,00
83	7,60	32,59	3,82	675,79	111,42	17,00	17,00
84	7,70	32,84	4,06	682,62	118,39	17,00	17,00
85	7,80	33,08	4,30	689,45	125,35	17,00	17,00
86	7,90	33,33	4,54	696,29	132,32	17,00	17,00
87	8,00	33,57	4,78	703,13	139,28	17,00	17,00
88	8,10	33,81	5,02	709,98	146,24	17,00	17,00
89	8,20	34,06	5,25	716,82	153,21	17,00	17,00
90	8,30	34,30	5,49	723,67	160,17	17,00	17,00
91	8,40	34,55	5,73	730,52	167,14	17,00	17,00
92	8,50	34,79	5,97	737,38	174,10	17,00	17,00
93	8,60	35,03	6,21	744,23	181,06	17,00	17,00
94	8,70	35,28	6,45	751,09	188,03	17,00	17,00
95	8,80	35,52	6,69	757,96	194,99	17,00	17,00
96	8,90	35,76	6,93	764,82	201,96	17,00	17,00
97	9,00	36,00	7,17	771,69	208,92	17,00	17,00
98	9,10	36,25	7,40	778,56	215,88	17,00	17,00
99	9,20	36,49	7,64	785,43	222,85	17,00	17,00
100	9,30	36,73	7,88	792,30	229,81	17,00	17,00
101	9,40	36,96	8,11	798,83	236,43	17,00	17,00
102	9,48	37,13	8,28	803,65	241,30	17,00	17,00
103	9,50	33,31	7,48	1345,99	344,05	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\sigma_{um}$	$\sigma_{ov}$	$\delta_o$	$\delta_o$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
104	9,52	30,23	6,75	1608,79	425,63	20,00	20,00
105	9,60	31,13	6,97	1335,84	411,35	20,00	20,00
106	9,70	31,31	7,15	1346,16	422,19	20,00	20,00
107	9,80	31,50	7,35	1368,87	433,60	20,00	20,00
108	9,90	31,70	7,54	1400,49	445,01	20,00	20,00
109	10,00	31,90	7,73	1420,36	456,42	20,00	20,00
110	10,10	32,09	7,93	1431,45	467,83	20,00	20,00
111	10,20	32,29	8,12	1442,55	479,24	20,00	20,00
112	10,30	32,48	8,31	1453,68	490,65	20,00	20,00
113	10,40	32,68	8,51	1464,83	502,06	20,00	20,00
114	10,50	32,85	8,70	1476,00	513,47	20,00	20,00
115	10,60	33,05	8,89	1487,18	524,88	20,00	20,00
116	10,70	33,26	9,08	1498,38	536,29	20,00	20,00
117	10,80	33,46	9,28	1509,59	547,70	20,00	20,00
118	10,90	33,65	9,47	1520,82	559,11	20,00	20,00
119	11,00	33,83	9,66	1532,06	570,52	20,00	20,00
120	11,10	34,02	9,86	1543,30	581,93	20,00	20,00
121	11,20	34,24	10,05	1554,56	593,34	20,00	20,00
122	11,30	34,43	10,24	1561,17	604,75	20,00	20,00
123	11,40	34,61	10,44	1552,00	616,16	20,00	20,00
124	11,50	34,80	10,63	1547,46	627,57	20,00	20,00
125	11,60	35,02	10,83	1558,67	638,98	20,00	20,00
126	11,70	35,19	11,02	1569,89	650,39	20,00	20,00
127	11,80	35,39	11,21	1581,12	661,80	20,00	20,00
128	11,90	35,60	11,41	1592,36	673,21	20,00	20,00
129	12,00	35,78	11,60	1603,61	684,62	20,00	20,00
130	12,10	35,97	11,79	1614,87	696,03	20,00	20,00
131	12,20	35,94	11,98	1626,13	707,44	20,00	20,00
132	12,30	35,73	12,18	1637,40	718,85	20,00	20,00
133	12,40	35,77	12,36	1648,12	729,69	20,00	20,00
134	12,48	35,89	12,50	1656,01	737,68	20,00	20,00
135	12,50	35,93	12,56	1659,96	741,67	20,00	20,00
136	12,52	36,00	12,63	1663,92	745,67	20,00	20,00
137	12,60	36,15	12,77	1671,82	753,65	20,00	20,00
138	12,70	36,36	12,95	1682,55	764,49	20,00	20,00
139	12,80	36,53	13,14	1693,85	775,90	20,00	20,00
140	12,90	36,73	13,34	1705,15	787,31	20,00	20,00
141	13,00	36,95	13,53	1716,46	798,72	20,00	20,00
142	13,10	37,12	13,72	1727,77	810,13	20,00	20,00
143	13,20	37,32	13,92	1739,09	821,54	20,00	20,00
144	13,30	37,51	14,11	1750,41	832,96	20,00	20,00
145	13,40	37,70	14,30	1761,73	844,37	20,00	20,00
146	13,50	37,90	14,50	1773,06	855,78	20,00	20,00
147	13,60	38,09	14,69	1784,39	867,19	20,00	20,00
148	13,70	38,31	14,88	1795,73	878,60	20,00	20,00
149	13,80	38,56	15,08	1807,06	890,01	20,00	20,00

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
- Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
- Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Y <sub>Pa</sub>	Is	Y <sub>Is</sub>	Pw	Y <sub>Pw</sub>	Pp	Y <sub>Pp</sub>	Pc	Y <sub>Pc</sub>
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	ESE	62,88	4,03	--	--	0,00	0,00	-114,74	7,97	51,86	12,75
2	ESE	95,62	4,17	--	--	0,00	0,00	-184,00	8,34	88,37	12,86
3	ESE	104,27	4,32	--	--	0,00	0,00	-216,30	8,50	91,37	12,94
1	SLU - STR	85,99	4,07	--	--	0,00	0,00	-153,65	7,88	67,66	12,72
2	SLU - STR	117,85	4,17	--	--	0,00	0,00	-216,66	8,10	98,80	12,79
3	SLV - STR	113,34	4,39	--	--	0,00	0,00	-237,19	8,61	103,18	12,96
1	SLU - GEO	84,77	4,12	--	--	0,00	0,00	-179,99	8,80	95,22	12,97
2	SLU - GEO	135,34	4,25	--	--	0,00	0,00	-334,83	9,54	199,47	13,13
3	SLV - GEO	125,78	4,25	--	--	0,00	0,00	-337,30	9,58	190,87	13,03

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Y <sub>Rc</sub>	Rt	Y <sub>Rt</sub>	Rv	Y <sub>Rv</sub>	Rp	Y <sub>Rp</sub>
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ESE	20,65	10,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - STR	20,65	10,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - GEO	20,65	10,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- P<sub>NUL</sub> Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- P<sub>INV</sub> Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- C<sub>ROT</sub> Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/R<sub>MAX</sub> Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esprimere, espresso in [%]
- Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	P <sub>NUL</sub>	P <sub>INV</sub>	C <sub>ROT</sub>	MP	R/R <sub>MAX</sub>	Pp
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]
1	ESE	6,28	7,25	10,63	9,32	2,91	3447,54
2	ESE	6,44	7,80	10,88	16,77	4,95	3447,54
3	ESE	6,46	8,00	11,08	19,25	5,88	3447,54
1	SLU - STR	6,25	7,10	10,57	7,45	2,52	3447,54
2	SLU - STR	6,35	7,45	10,73	11,80	3,67	3447,54
3	SLV - STR	6,49	8,15	11,13	21,12	6,69	3447,54
1	SLU - GEO	6,58	8,50	11,17	25,47	9,53	1479,96
2	SLU - GEO	6,88	9,70	11,60	40,37	20,19	1479,96
3	SLV - GEO	6,44	9,70	6,96	0,00	9,92	3447,54

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
- N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
- T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Y <sub>M</sub>	T	Y <sub>T</sub>	N	Y <sub>N</sub>	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	ESE	203,99	7,90	62,88	6,25	172,53	14,00	MAX
		0,00	0,00	-51,86	10,60	0,00	0,00	MIN
2	ESE	326,79	8,25	95,63	6,45	172,53	14,00	MAX
		0,00	13,95	-88,37	10,85	0,00	0,00	MIN
3	ESE	367,36	8,35	104,43	6,45	172,53	14,00	MAX
		0,00	14,00	-101,72	10,95	0,00	0,00	MIN
1	SLU - STR	269,32	7,85	85,99	6,25	172,53	14,00	MAX
		0,00	13,85	-67,66	10,55	0,00	0,00	MIN
2	SLU - STR	379,79	8,05	117,86	6,45	172,53	14,00	MAX
		0,00	0,00	-98,80	10,70	0,00	0,00	MIN
3	SLV - STR	404,46	8,45	111,70	6,50	172,53	14,00	MAX
		0,00	14,00	-114,08	11,00	0,00	0,00	MIN
1	SLU - GEO	325,50	8,65	84,77	6,55	172,53	14,00	MAX
		0,00	13,95	-95,22	11,15	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	591,22	9,50	135,35	6,85	172,53	14,00	MAX
		0,00	0,00	-199,47	11,55	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	582,39	9,50	128,15	7,00	172,53	14,00	MAX
		0,00	0,00	-196,84	11,60	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
- V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y <sub>U</sub>	V	Y <sub>V</sub>	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	ESE	1,3636	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,0467	14,00	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	2,3143	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,0906	14,00	0,0000	0,00	MIN
3	ESE	2,6705	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,1020	14,00	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	1,7741	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,0592	14,00	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	2,5832	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,0937	14,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - STR	2,9988	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,1186	14,00	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	2,5105	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,1116	14,00	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	5,3056	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,2891	14,00	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	5,2611	0,00	0,0069	0,00	MAX
		-0,2783	14,00	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione/Fase
- Tipo Tipo combinazione/Fase
- U<sub>lim</sub> spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
- U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	U <sub>lim</sub>	U
		[cm]	[cm]
1	ESE	6,9000	1,3636
2	ESE	6,9000	2,3143
3	ESE	6,9000	2,6705
1	SLU - STR	6,9000	1,7741
2	SLU - STR	6,9000	2,5832
3	SLV - STR	6,9000	2,9988
1	SLU - GEO	6,9000	2,5105
2	SLU - GEO	6,9000	5,3056
3	SLV - GEO	6,9000	5,2611

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase  
Tipo Tipo della combinazione/fase  
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]  
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]  
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]  
T Reazione tiranti espresso in [kN]  
P Reazione puntoni espresso in [kN]  
V Reazione vincoli espresso in [kN]  
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]  
Y Punto di applicazione, espresso in [m]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
FS<sub>StB</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento  
FS<sub>ScO</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento  
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS <sub>StB</sub>	FS <sub>ScO</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
8	SLU - GEO	462,45 8,42	1848,94 11,44	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	2404,77	4194,28	1.744	3.979

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase  
Tipo Tipo della combinazione/fase  
(X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]  
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]  
(X<sub>v</sub>; Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]  
(X<sub>m</sub>; Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]  
FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS
1	SLU - GEO	-2,76; 4,14	18,15	-17,83; -5,98	14,92; 0,00	3.234
2	SLU - GEO	-2,76; 0,00	14,07	-15,50; -5,98	11,31; 0,00	2.938
3	SLV - GEO	-4,14; 4,14	18,41	-19,52; -5,99	13,81; 0,00	3.234

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)  
Le strisce sono numerate da monte verso valle  
N° numero d'ordine della striscia  
W peso della striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)  
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Fase n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	23,5101	-62.49	1,16	29.26	0,0	39,2	(0,00; 0,00)
2	33,3255	-58.07	1,01	29.26	0,0	48,4	(0,00; 0,00)
3	41,6497	-54.16	0,91	29.26	0,0	56,3	(0,00; 0,00)
4	48,8931	-50.59	0,84	29.26	0,0	63,1	(0,00; 0,00)
5	55,2959	-47.27	0,79	31.56	0,0	69,1	(0,00; 0,00)
6	61,0135	-44.15	0,74	33.87	0,0	74,5	(0,00; 0,00)
7	66,1533	-41.19	0,71	33.87	0,0	79,3	(0,00; 0,00)
8	70,7935	-38.35	0,68	33.87	0,0	83,7	(0,00; 0,00)
9	74,9926	-35.63	0,66	33.87	0,0	87,6	(0,00; 0,00)
10	78,7961	-32.99	0,64	33.87	0,0	91,2	(0,00; 0,00)
11	82,2399	-30.43	0,62	33.87	0,0	94,5	(0,00; 0,00)

N°	Wi	α	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
12	85,3527	-27.94	0,60	33.87	0,0	97,4	(0,00; 0,00)
13	88,1580	-25.50	0,59	33.87	0,0	100,0	(0,00; 0,00)
14	90,6750	-23.11	0,58	33.87	0,0	102,4	(0,00; 0,00)
15	92,9196	-20.77	0,57	33.87	0,0	104,5	(0,00; 0,00)
16	94,9051	-18.46	0,56	33.87	0,0	106,4	(0,00; 0,00)
17	96,6424	-16.18	0,56	33.87	0,0	108,0	(0,00; 0,00)
18	98,1406	-13.92	0,55	33.87	0,0	109,4	(0,00; 0,00)
19	99,4073	-11.69	0,55	33.87	0,0	110,6	(0,00; 0,00)
20	100,4485	-9.48	0,54	33.87	0,0	111,6	(0,00; 0,00)
21	101,2690	-7.28	0,54	33.87	0,0	112,4	(0,00; 0,00)
22	101,8727	-5.09	0,54	33.87	0,0	112,9	(0,00; 0,00)
23	102,2621	-2.91	0,54	33.87	0,0	113,3	(0,00; 0,00)
24	102,4391	-0.73	0,53	33.87	0,0	113,5	(0,00; 0,00)
25	102,4043	1.45	0,53	33.87	0,0	113,4	(0,00; 0,00)
26	102,1576	3.62	0,54	33.87	0,0	113,2	(0,00; 0,00)
27	101,6979	5.81	0,54	33.87	0,0	112,8	(0,00; 0,00)
28	101,0233	8.00	0,54	33.87	0,0	112,1	(0,00; 0,00)
29	100,1306	10.20	0,54	33.87	0,0	111,3	(0,00; 0,00)
30	135,2449	12.38	0,53	33.87	0,0	110,3	(0,00; 0,00)
31	134,0104	14.53	0,53	33.87	0,0	109,1	(0,00; 0,00)
32	134,2768	16.71	0,54	33.87	0,0	107,6	(0,00; 0,00)
33	151,4804	18.91	0,54	33.87	0,0	106,0	(0,00; 0,00)
34	149,6003	21.14	0,55	33.87	0,0	104,2	(0,00; 0,00)
35	147,4876	23.40	0,56	33.87	0,0	102,1	(0,00; 0,00)
36	145,1308	25.70	0,57	33.87	0,0	99,8	(0,00; 0,00)
37	142,5158	28.05	0,58	33.87	0,0	97,3	(0,00; 0,00)
38	139,6260	30.45	0,60	33.87	0,0	94,4	(0,00; 0,00)
39	136,4413	32.91	0,61	33.87	0,0	91,3	(0,00; 0,00)
40	132,9370	35.45	0,63	33.87	0,0	87,9	(0,00; 0,00)
41	129,0828	38.06	0,65	33.87	0,0	84,1	(0,00; 0,00)
42	124,8406	40.77	0,68	33.87	0,0	80,0	(0,00; 0,00)
43	120,1618	43.60	0,71	33.87	0,0	75,4	(0,00; 0,00)
44	114,9829	46.57	0,75	33.87	0,0	70,3	(0,00; 0,00)
45	100,1039	49.71	0,80	29.26	0,0	64,7	(0,00; 0,00)
46	82,1762	53.07	0,86	29.26	0,0	58,4	(0,00; 0,00)
47	74,8170	56.72	0,94	29.26	0,0	51,2	(0,00; 0,00)
48	66,2794	60.78	1,05	29.26	0,0	42,8	(0,00; 0,00)
49	56,0285	65.44	1,24	29.26	0,0	32,8	(0,00; 0,00)
50	42,8077	71.21	1,60	29.26	0,0	19,9	(0,00; 0,00)
51	17,1815	82.23	3,80	31.56	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

ΣW<sub>i</sub> = 4875,7828 [kN]

ΣWsinα<sub>i</sub> = 652,7294 [kN]

ΣWtanφ<sub>i</sub> = 3205,5983 [kN]

Σtanα<sub>i</sub>tanφ<sub>i</sub> = 7.30

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cmq]  
M momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]  
N sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)  
M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]  
N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]  
FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	FS
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	9,45	50,27	591,18	116,46	633,21	124,74	1.071

Verifica a taglio

Simbologia adottata

- n°
- numero d'ordine della sezione
- Tipo
- Tipo della Combinazione/Fase
- Y
- ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
- A<sub>sw</sub>
- area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
- s
- interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
- V<sub>ed</sub>
- taglio agente sul palo, espresso in [kN]
- V<sub>rd</sub>
- taglio resistente, espresso in [kN]
- FS
- coefficiente di sicurezza (rapporto tra V<sub>rd</sub>/ V<sub>ed</sub>)

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	A <sub>sw</sub>	s	V <sub>ed</sub>	V <sub>rd</sub>	FS
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	11,55	1,57	15,00	-199,47	233,39	1.170

Verifica tensioni

Simbologia adottata

- n°
- numero d'ordine della sezione
- Y
- ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- A<sub>f</sub>
- area di armatura espressa in [cmq]
- σ<sub>c</sub>
- tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
- σ<sub>t</sub>
- tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>t</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
50,27	11204	3	325184	3

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

- Tipo
- Tipo della Combinazione/Fase
- Oggetto
- Muro/Paratia
- Y
- Ordinata sezione, espresso in [m]
- M
- Momento agente, espresso in [kNm]
- M<sub>f</sub>
- Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]
- s
- Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
- ε<sub>sm</sub>
- Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
- W<sub>lim</sub>
- Apertura limite fessure, espressa in [mm]
- W<sub>k</sub>
- Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	1 - ESE	0,00	0,00	0,00	0,000	0.0000	100,000	0,000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

- M<sub>h</sub>
- momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale
- T<sub>h</sub>
- taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale
- M<sub>v</sub>
- momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale
- T<sub>v</sub>
- taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=100,00 [cm]	H=180,00 [cm]		
A <sub>ty</sub> =56,30 [cmq]	A <sub>th</sub> =52,28 [cmq]	Staffe ϕ10/5	Nbh=2 - Nbv=2
M <sub>h</sub> =127,34 [kNm]	M <sub>th</sub> =1993,94 [kNm]	FS=15.66	
T <sub>h</sub> =254,68 [kN]	T <sub>th</sub> =1073,20 [kN]	FS <sub>T</sub> =4.21	
M <sub>v</sub> =20,76 [kNm]	M <sub>tv</sub> =3723,58 [kNm]	FS=179.35	
T <sub>v</sub> =42,81 [kN]	T <sub>R</sub> =1958,30 [kN]	FS <sub>Tv</sub> =45.75	



**Comune  
di Favignana**

**PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE  
COMUNE DI FAVIGNANA - LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA  
DEL PORTO DI FAVIGNANA**

*- Relazione di calcolo geotecnico -*

---

**B.2    Tabulati Paratia Tipo 2**

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: <b>Paratia di pali</b>			
Altezza fuori terra	2,50	[m]	
Profondità di infissione	3,00	[m]	
Altezza totale della paratia	5,50	[m]	
Lunghezza paratia	13,30	[m]	
Numero di file di pali			
Interasse fra i pali della fila	0,97	[m]	
Diametro dei pali	80,00	[cm]	
Numero totale di pali	13		
Numero di pali per metro lineare	0.98		

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo  
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]  
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]  
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm^3]
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	180,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
X ascissa del punto espressa in [m]  
Y ordinata del punto espressa in [m]  
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
2	10,00	0,00	0.00

Profilo di valle - Fase n° 1

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-10,00	-3,50	--
2	-5,00	-3,50	0.00
3	0,00	-2,50	180.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine  
Descrizione Descrizione del terreno  
γ peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]  
γsat peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]  
φ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]  
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]  
c coesione del terreno espressa in [kPa]

N°	Descrizione	γ	γsat	φ	δ	c
		[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]
1	RC	20,000	23,000	35.00	17.00	90,0
2	Riempimento	17,500	20,500	40.00	20.00	0,0

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia  
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]  
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm  
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)  
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	αM	αV	KwM	Kwv	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	[kg/cmq/cm]	[kg/cmq/cm]		
1	2,00	0.00	0.00	0.52	3.45	Riempimento	RC
2	2,00	0.00	0.00	4.27	4.38	RC	RC
3	2,00	0.00	0.00	5.20	5.31	RC	RC
4	3,00	0.00	0.00	6.36	6.47	RC	RC

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	2,50	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	2,50	[m]
Regime delle pressioni neutre:	<b>Idrostatico</b>	

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γds Peso specifico cls, espresso in [kN/mc]  
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo  
Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kPa]  
E Modulo elastico, espresso in [kPa]  
Acciaio Tipo di acciaio  
n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γds	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kN/mc]		[kPa]	[kPa]		
Paratia	24,52	C35/45	45000	34625349	B450C	15.00
Cordolo/Muro	24,52	C35/45	45000	34625349	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls tesoro/compresso 1.00

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
Ig Indice di gruppo  
Fx Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle  
Fy Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso  
M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante  
Qx, Qy Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]  
Vx, Vy Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle  
R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1 - Variabile - Sovraccarico (Ig=0) [Ψ0=0.70 - Ψ1=0.50 - Ψ2=0.30]

Carico distribuito sul profilo	X0 = 1,50	X1 = 8,00	Qx = 40,00	Qy = 40,00
--------------------------------	-----------	-----------	------------	------------

Condizione n° 2 - Variabile - Condizione 2 (Ig=0) [Ψ0=1.00 - Ψ1=1.00 - Ψ2=1.00]

Carico distribuito sulla paratia: Spinta idrodinamica	Ys=2,50	Y=5,50	Vx=0,00	Vy=1,10	R=1,65
---	---------	--------	---------	---------	--------



## Fasi di scavo

## Simbologia adottata

n° identificativo della fase nell'elenco definito  
Fase Descrizione dell'i-esima fase  
Tempo Tempo in cui avviene la fase di scavo

n°	Fase	Tempo
1	Quota falda valle 2.50 metri - Quota falda monte 2.50 metri [Hscavo=2.50]	0
2	Scavo fino alla profondità di 2.50 metri	0
3	Inserimento condizione di carico nr 1 [Hscavo=2.50]	1
4	Inserimento sisma	2
5	Inserimento condizione di carico nr 2 [Hscavo=2.50]	2

## Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tanij}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite

## Impostazioni verifiche SLU

## Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo 1.50  
Coefficiente di sicurezza acciaio 1.15  
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica 0.83  
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo 0.85  
Coefficiente di sicurezza per la sezione 1.00

## Verifica Taglio

Sezione in c.a.

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) / (1.0 + \cot \theta^2)$$

con:

d altezza utile sezione [mm]  
 $b_w$  larghezza minima sezione [mm]  
 $A_{sw}$  area armatura trasversale [mmq]  
s interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]  
 $\alpha_c$  coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e  $\sigma_{cp}$   
 $\sigma_{cp}$  tensione media di compressione [N/mmq]  
fcd'=0.5\*fcd

## Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Molto aggressive  
Armatura ad aderenza migliorata  
Sensibilità delle armature Poco sensibile  
Valori limite delle aperture delle fessure  $w_1 = 0.20$   
 $w_2 = 0.30$   
 $w_3 = 0.40$   
Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2008-2018 - I° Formulazione  
Verifica delle tensioni  
Combinazione di carico Rara  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  -  $\sigma_T < 0.80 f_{yk}$   
Quasi permanente  $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

## Impostazioni di analisi

## Analisi per Fasi di Scavo.

Rottura del terreno: Pressione passiva Spostamento limite (spostamento limite molle pari a 1.50) Applicata diminuzione quota valle secondo NTC2018 - par 6.5.2.2

## Impostazioni analisi per fasi di scavo:

Analisi per condizioni di esercizio

Analisi per coefficienti tipo A1-M1

Analisi per coefficienti tipo A2-M2

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta Ka e Kp che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale: Metodo di Bishop

## Impostazioni analisi sismica

## Identificazione del sito

Latitudine 37.931241  
Longitudine 12.329712  
Comune Favignana  
Provincia Trapani  
Regione Sicilia

Punti di interpolazione del reticolo

## Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria  
Vita nominale 50 anni  
Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose  
Vita di riferimento 50 anni

## Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo [m/s^2]	0.490	0.231
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.880	2.670
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.340	0.296
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.028	0.028
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.692	0.692
Prodotto $\alpha \cdot \beta$	0.692 > 0.2	
Coefficiente di intensità sismica (per cento)	4.147	1.954
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per fasi di scavo

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 50 elementi fuori terra e 60 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva oppure lo spostamento limite di 1.50 [cm] non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	2,50	[m]
Profondità di infissione	3,00	[m]
Altezza totale della paratia	5,50	[m]

Analisi della spinta

Pressioni terreno

Simbologia adottata

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo  
Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.  
Le pressioni sono tutte espresse in [kPa]  
σ<sub>am</sub> sigma attiva da monte  
σ<sub>av</sub> sigma attiva da valle  
σ<sub>pm</sub> sigma passiva da monte  
σ<sub>pv</sub> sigma passiva da valle  
δ<sub>a</sub> inclinazione spinta attiva espressa in [°]  
δ<sub>p</sub> inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Fase n° 1 - ESE

n°	Y	σ <sub>am</sub>	σ <sub>av</sub>	σ <sub>pm</sub>	σ <sub>pv</sub>	δ <sub>a</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,35	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,70	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,05	0,00	61,80	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,40	0,00	82,40	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,74	0,00	103,00	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,09	0,00	123,60	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,44	0,00	144,20	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,79	0,00	164,80	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,14	0,00	185,40	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,49	0,00	206,00	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,84	0,00	226,60	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,19	0,00	247,20	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,54	0,00	267,80	0,00	20,00	20,00
15	1,40	4,89	0,00	288,40	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,23	0,00	309,00	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,58	0,00	329,60	0,00	20,00	20,00
18	1,70	5,93	0,00	350,20	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,28	0,00	370,80	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,61	0,00	390,37	0,00	20,00	20,00
21	1,98	6,86	0,00	404,79	0,00	20,00	20,00
22	2,00	3,47	0,00	679,71	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,00	0,00	953,07	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,00	0,00	963,14	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,00	0,00	976,80	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,00	0,00	991,19	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,00	0,00	1005,58	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,00	0,00	1018,75	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1029,47	418,76	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1038,96	426,24	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1048,46	431,64	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1057,95	437,04	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1067,45	442,43	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1076,94	447,83	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1086,44	453,22	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1095,94	458,61	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1105,43	464,00	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1114,93	469,39	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1124,43	474,77	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1133,92	480,16	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1143,42	485,54	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1152,44	490,65	17,00	17,00

n°	Y	σ <sub>am</sub>	σ <sub>av</sub>	σ <sub>pm</sub>	σ <sub>pv</sub>	δ <sub>a</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
43	3,98	0,00	0,00	1159,09	494,42	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1162,41	496,30	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1165,74	498,19	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1172,38	501,95	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1181,41	507,06	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1190,90	512,43	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1200,40	517,81	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1209,89	523,18	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1219,39	531,45	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1228,88	559,91	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1238,38	611,11	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1247,87	671,39	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1257,37	739,30	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1266,86	810,30	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1276,36	854,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1285,85	867,39	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1295,35	876,82	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1304,84	886,26	17,00	17,00

Fase n° 2 - ESE

n°	Y	σ <sub>am</sub>	σ <sub>av</sub>	σ <sub>pm</sub>	σ <sub>pv</sub>	δ <sub>a</sub>	δ <sub>p</sub>
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,35	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,70	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,05	0,00	62,04	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,40	0,00	93,10	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,74	0,00	160,72	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,09	0,00	339,97	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,44	0,00	801,38	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,79	0,00	976,31	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,14	0,00	787,27	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,49	0,00	746,88	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,84	0,00	743,35	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,19	0,00	750,99	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,54	0,00	763,61	0,00	20,00	20,00
15	1,40	4,89	0,00	778,88	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,23	0,00	795,72	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,58	0,00	622,28	0,00	20,00	20,00
18	1,70	5,93	0,00	442,78	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,28	0,00	453,55	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,61	0,00	469,04	0,00	20,00	20,00
21	1,98	6,86	0,00	480,58	0,00	20,00	20,00
22	2,00	3,47	0,00	761,99	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,00	0,00	1040,31	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,00	0,00	1043,68	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,00	0,00	1049,14	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,00	0,00	1055,68	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,00	0,00	1062,22	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,00	0,00	1068,63	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1074,26	418,76	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1079,29	426,24	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1084,88	431,64	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1090,95	437,04	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1097,41	442,43	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1104,22	447,83	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1111,33	453,22	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1118,69	458,61	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1126,27	464,00	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1134,04	469,39	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1141,98	474,77	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1150,06	480,16	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1158,27	485,54	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1166,18	490,65	17,00	17,00
43	3,98	0,00	0,00	1172,06	494,42	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1175,02	496,30	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1177,99	498,19	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1183,98	501,95	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1192,15	507,06	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1201,08	512,43	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1211,14	517,81	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1221,01	523,18	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1229,87	531,45	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1238,79	559,91	17,00	17,00

n°	Y	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
53	4,80	0,00	0,00	1247,74	611,11	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1256,73	671,39	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1265,76	739,30	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1274,82	810,30	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1283,90	854,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1293,02	867,39	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1302,15	876,82	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1311,31	886,26	17,00	17,00

Fase n° 3 - ESE

n°	Y	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,36	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,72	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,08	0,00	62,04	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,44	0,00	93,10	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,80	0,00	160,72	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,16	0,00	339,97	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,52	0,00	801,38	0,00	20,00	20,00
9	0,80	2,88	0,00	976,31	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,24	0,00	787,27	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,60	0,00	746,88	0,00	20,00	20,00
12	1,10	3,96	0,00	743,35	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,32	0,00	750,99	0,00	20,00	20,00
14	1,30	4,68	0,00	763,61	0,00	20,00	20,00
15	1,40	5,04	0,00	778,88	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,39	0,00	795,72	0,00	20,00	20,00
17	1,60	5,75	0,00	622,28	0,00	20,00	20,00
18	1,70	6,11	0,00	442,78	0,00	20,00	20,00
19	1,80	6,47	0,00	453,55	0,00	20,00	20,00
20	1,90	6,82	0,00	469,04	0,00	20,00	20,00
21	1,98	7,07	0,00	480,58	0,00	20,00	20,00
22	2,00	3,69	0,00	761,99	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,22	0,00	1040,31	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,22	0,00	1043,68	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,24	0,00	1049,14	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,25	0,00	1055,68	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,26	0,00	1062,22	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,27	0,00	1068,63	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1074,26	418,76	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1079,29	426,24	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1084,88	431,64	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1090,95	437,04	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1097,41	442,43	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1104,22	447,83	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1111,33	453,22	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1118,69	458,61	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1126,27	464,00	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1134,04	469,39	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1141,98	474,77	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1150,06	480,16	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1158,27	485,54	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1166,18	490,65	17,00	17,00
43	3,98	0,00	0,00	1172,06	494,42	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1175,02	496,30	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1177,99	498,19	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1183,98	501,95	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1192,15	507,06	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1201,08	512,43	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1211,14	517,81	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1221,01	523,18	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1229,87	531,45	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1238,79	559,91	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1247,74	611,11	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1256,73	671,39	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1265,76	739,30	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1274,82	810,30	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1283,90	854,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1293,02	867,39	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1302,15	876,82	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1311,31	886,26	17,00	17,00

Fase n° 1 - SLU - STR

n°	Y	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,45	0,00	26,78	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,91	0,00	53,56	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,36	0,00	80,34	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,81	0,00	107,12	0,00	20,00	20,00
6	0,50	2,27	0,00	133,90	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,72	0,00	160,68	0,00	20,00	20,00
8	0,70	3,18	0,00	187,46	0,00	20,00	20,00
9	0,80	3,63	0,00	214,24	0,00	20,00	20,00
10	0,90	4,08	0,00	241,02	0,00	20,00	20,00
11	1,00	4,54	0,00	267,80	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,99	0,00	294,58	0,00	20,00	20,00
13	1,20	5,44	0,00	321,36	0,00	20,00	20,00
14	1,30	5,90	0,00	348,14	0,00	20,00	20,00
15	1,40	6,35	0,00	374,92	0,00	20,00	20,00
16	1,50	6,80	0,00	401,70	0,00	20,00	20,00
17	1,60	7,26	0,00	428,48	0,00	20,00	20,00
18	1,70	7,71	0,00	455,26	0,00	20,00	20,00
19	1,80	8,17	0,00	482,04	0,00	20,00	20,00
20	1,90	8,60	0,00	507,48	0,00	20,00	20,00
21	1,98	8,91	0,00	526,23	0,00	20,00	20,00
22	2,00	4,51	0,00	779,29	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,00	0,00	1030,33	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,00	0,00	1043,40	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,00	0,00	1061,16	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,00	0,00	1079,85	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,00	0,00	1098,55	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,00	0,00	1116,19	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1131,71	421,58	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1146,16	431,88	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1160,62	440,11	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1175,07	448,32	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1189,53	456,53	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1203,98	464,74	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1218,44	472,95	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1232,90	481,15	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1247,36	489,35	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1261,81	497,54	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1276,27	505,73	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1290,73	513,92	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1305,18	522,10	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1318,92	529,87	17,00	17,00
43	3,98	0,00	0,00	1329,04	535,60	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1334,10	538,46	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1339,16	541,32	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1349,28	547,04	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1363,01	554,81	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1377,47	562,98	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1391,92	571,14	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1406,38	579,31	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1420,83	592,85	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1435,29	629,77	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1449,74	689,25	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1464,20	757,37	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1478,65	834,07	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1493,10	905,12	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1507,56	943,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1522,01	957,61	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1536,46	971,90	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1550,92	986,23	17,00	17,00

Fase n° 2 - SLU - STR

n°	Y	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,45	0,00	26,78	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,91	0,00	53,56	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,36	0,00	80,65	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,81	0,00	121,04	0,00	20,00	20,00
6	0,50	2,27	0,00	208,94	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,72	0,00	441,95	0,00	20,00	20,00
8	0,70	3,18	0,00	864,02	0,00	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{xy}$	$\sigma_{ym}$	$\sigma_{yy}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
9	0,80	3,63	0,00	976,74	0,00	20,00	20,00
10	0,90	4,08	0,00	819,70	0,00	20,00	20,00
11	1,00	4,54	0,00	800,36	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,99	0,00	806,82	0,00	20,00	20,00
13	1,20	5,44	0,00	822,25	0,00	20,00	20,00
14	1,30	5,90	0,00	841,90	0,00	20,00	20,00
15	1,40	6,35	0,00	863,86	0,00	20,00	20,00
16	1,50	6,80	0,00	887,21	0,00	20,00	20,00
17	1,60	7,26	0,00	812,41	0,00	20,00	20,00
18	1,70	7,71	0,00	639,68	0,00	20,00	20,00
19	1,80	8,17	0,00	564,59	0,00	20,00	20,00
20	1,90	8,60	0,00	585,43	0,00	20,00	20,00
21	1,98	8,91	0,00	600,95	0,00	20,00	20,00
22	2,00	4,51	0,00	851,85	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,00	0,00	1099,98	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,00	0,00	1108,09	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,00	0,00	1119,69	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,00	0,00	1132,56	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,00	0,00	1144,92	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,00	0,00	1156,89	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1168,42	421,58	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1179,35	431,88	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1190,68	440,11	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1202,37	448,32	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1214,35	456,53	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1226,61	464,74	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1239,08	472,95	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1251,76	481,15	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1264,61	489,35	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1277,62	497,54	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1290,76	505,73	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1304,01	513,92	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1317,38	522,10	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1330,15	529,87	17,00	17,00
43	3,98	0,00	0,00	1339,61	535,60	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1344,36	538,46	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1349,12	541,32	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1358,67	547,04	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1371,67	554,81	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1385,41	562,98	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1400,47	571,14	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1415,67	579,31	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1429,66	592,85	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1443,61	629,77	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1457,59	689,25	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1471,61	757,37	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1485,65	834,07	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1499,72	905,12	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1513,82	943,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1527,94	957,61	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1542,08	971,90	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1556,24	986,23	17,00	17,00

## Fase n° 3 - SLV - STR

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{xy}$	$\sigma_{ym}$	$\sigma_{yy}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00
2	0,10	0,38	0,00	20,60	0,00	20,00	20,00
3	0,20	0,77	0,00	41,20	0,00	20,00	20,00
4	0,30	1,15	0,00	62,04	0,00	20,00	20,00
5	0,40	1,54	0,00	93,10	0,00	20,00	20,00
6	0,50	1,92	0,00	160,72	0,00	20,00	20,00
7	0,60	2,31	0,00	339,97	0,00	20,00	20,00
8	0,70	2,69	0,00	801,38	0,00	20,00	20,00
9	0,80	3,08	0,00	976,31	0,00	20,00	20,00
10	0,90	3,46	0,00	787,27	0,00	20,00	20,00
11	1,00	3,85	0,00	746,88	0,00	20,00	20,00
12	1,10	4,23	0,00	743,35	0,00	20,00	20,00
13	1,20	4,61	0,00	750,99	0,00	20,00	20,00
14	1,30	5,00	0,00	763,61	0,00	20,00	20,00
15	1,40	5,38	0,00	778,88	0,00	20,00	20,00
16	1,50	5,77	0,00	795,72	0,00	20,00	20,00
17	1,60	6,15	0,00	622,28	0,00	20,00	20,00
18	1,70	6,54	0,00	442,78	0,00	20,00	20,00

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{xy}$	$\sigma_{ym}$	$\sigma_{yy}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
19	1,80	6,92	0,00	453,55	0,00	20,00	20,00
20	1,90	7,29	0,00	469,04	0,00	20,00	20,00
21	1,98	7,56	0,00	480,58	0,00	20,00	20,00
22	2,00	4,18	0,00	761,99	0,00	20,00	20,00
23	2,02	0,72	0,00	1040,31	0,00	17,00	17,00
24	2,10	0,75	0,00	1043,68	0,00	17,00	17,00
25	2,20	0,78	0,00	1049,14	0,00	17,00	17,00
26	2,30	0,82	0,00	1055,68	0,00	17,00	17,00
27	2,40	0,85	0,00	1062,22	0,00	17,00	17,00
28	2,50	0,89	0,00	1068,63	411,28	17,00	17,00
29	2,60	0,00	0,00	1074,26	418,76	17,00	17,00
30	2,70	0,00	0,00	1079,29	426,24	17,00	17,00
31	2,80	0,00	0,00	1084,88	431,64	17,00	17,00
32	2,90	0,00	0,00	1090,95	437,04	17,00	17,00
33	3,00	0,00	0,00	1097,41	442,43	17,00	17,00
34	3,10	0,00	0,00	1104,22	447,83	17,00	17,00
35	3,20	0,00	0,00	1111,33	453,22	17,00	17,00
36	3,30	0,00	0,00	1118,69	458,61	17,00	17,00
37	3,40	0,00	0,00	1126,27	464,00	17,00	17,00
38	3,50	0,00	0,00	1134,04	469,39	17,00	17,00
39	3,60	0,00	0,00	1141,98	474,77	17,00	17,00
40	3,70	0,00	0,00	1150,06	480,16	17,00	17,00
41	3,80	0,00	0,00	1158,27	485,54	17,00	17,00
42	3,90	0,00	0,00	1166,18	490,65	17,00	17,00
43	3,98	0,00	0,00	1172,06	494,42	17,00	17,00
44	4,00	0,00	0,00	1175,02	496,30	17,00	17,00
45	4,02	0,00	0,00	1177,99	498,19	17,00	17,00
46	4,10	0,00	0,00	1183,98	501,95	17,00	17,00
47	4,20	0,00	0,00	1192,15	507,06	17,00	17,00
48	4,30	0,00	0,00	1201,08	512,43	17,00	17,00
49	4,40	0,00	0,00	1211,14	517,81	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1221,01	523,18	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1229,87	531,45	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1238,79	559,91	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1247,74	611,11	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1256,73	671,39	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1265,76	739,30	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1274,82	810,30	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1283,90	854,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1293,02	867,39	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1302,15	876,82	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1311,31	886,26	17,00	17,00

## Fase n° 1 - SLU - GEO

n°	Y	$\sigma_{xm}$	$\sigma_{xy}$	$\sigma_{ym}$	$\sigma_{yy}$	$\delta_x$	$\delta_y$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,23	16,23
2	0,10	0,45	0,00	11,36	0,00	16,23	16,23
3	0,20	0,90	0,00	22,71	0,00	16,23	16,23
4	0,30	1,36	0,00	34,07	0,00	16,23	16,23
5	0,40	1,81	0,00	45,42	0,00	16,23	16,23
6	0,50	2,26	0,00	56,78	0,00	16,23	16,23
7	0,60	2,71	0,00	68,14	0,00	16,23	16,23
8	0,70	3,16	0,00	79,49	0,00	16,23	16,23
9	0,80	3,62	0,00	90,85	0,00	16,23	16,23
10	0,90	4,07	0,00	102,21	0,00	16,23	16,23
11	1,00	4,52	0,00	113,56	0,00	16,23	16,23
12	1,10	4,97	0,00	124,92	0,00	16,23	16,23
13	1,20	5,42	0,00	136,27	0,00	16,23	16,23
14	1,30	5,88	0,00	147,63	0,00	16,23	16,23
15	1,40	6,33	0,00	158,99	0,00	16,23	16,23
16	1,50	6,78	0,00	170,34	0,00	16,23	16,23
17	1,60	7,23	0,00	181,70	0,00	16,23	16,23
18	1,70	7,68	0,00	193,05	0,00	16,23	16,23
19	1,80	8,14	0,00	204,41	0,00	16,23	16,23
20	1,90	8,56	0,00	215,20	0,00	16,23	16,23
21	1,98	8,88	0,00	223,15	0,00	16,23	16,23
22	2,00	4,50	0,00	391,30	0,00	16,23	16,23
23	2,02	0,00	0,00	558,89	0,00	13,74	13,74
24	2,10	0,00	0,00	565,28	0,00	13,74	13,74
25	2,20	0,00	0,00	573,97	0,00	13,74	13,74
26	2,30	0,00	0,00	583,12	0,00	13,74	13,74
27	2,40	0,00	0,00	592,27	0,00	13,74	13,74
28	2,50	0,00	0,00	600,64	256,93	13,74	13,74

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
29	2,60	0,00	0,00	607,46	262,03	13.74	13.74
30	2,70	0,00	0,00	613,49	267,13	13.74	13.74
31	2,80	0,00	0,00	619,53	270,92	13.74	13.74
32	2,90	0,00	0,00	625,57	274,72	13.74	13.74
33	3,00	0,00	0,00	631,61	278,51	13.74	13.74
34	3,10	0,00	0,00	637,64	282,30	13.74	13.74
35	3,20	0,00	0,00	643,68	286,09	13.74	13.74
36	3,30	0,00	0,00	649,72	289,88	13.74	13.74
37	3,40	0,00	0,00	655,76	293,67	13.74	13.74
38	3,50	0,00	0,00	661,80	297,45	13.74	13.74
39	3,60	0,00	0,00	667,84	301,24	13.74	13.74
40	3,70	0,00	0,00	673,88	305,02	13.74	13.74
41	3,80	0,00	0,00	679,92	308,80	13.74	13.74
42	3,90	0,00	0,00	685,95	312,39	13.74	13.74
43	3,98	0,00	0,00	689,88	315,03	13.74	13.74
44	4,00	0,00	0,00	691,99	316,36	13.74	13.74
45	4,02	0,00	0,00	694,11	317,68	13.74	13.74
46	4,10	0,00	0,00	698,33	320,32	13.74	13.74
47	4,20	0,00	0,00	704,07	323,91	13.74	13.74
48	4,30	0,00	0,00	710,11	327,68	13.74	13.74
49	4,40	0,00	0,00	716,15	331,45	13.74	13.74
50	4,50	0,00	0,00	722,18	335,23	13.74	13.74
51	4,60	0,00	0,00	728,22	339,00	13.74	13.74
52	4,70	0,00	0,00	734,26	342,76	13.74	13.74
53	4,80	0,00	0,00	740,30	346,53	13.74	13.74
54	4,90	0,00	0,00	746,33	350,30	13.74	13.74
55	5,00	0,00	0,00	752,37	355,80	13.74	13.74
56	5,10	0,00	0,00	758,41	371,81	13.74	13.74
57	5,20	0,00	0,00	764,45	398,73	13.74	13.74
58	5,30	0,00	0,00	770,48	429,07	13.74	13.74
59	5,40	0,00	0,00	776,52	462,10	13.74	13.74
60	5,50	0,00	0,00	782,56	496,65	13.74	13.74

## Fase n° 2 - SLU - GEO

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16.23	16.23
2	0,10	0,45	0,00	11,36	0,00	16.23	16.23
3	0,20	0,90	0,00	22,71	0,00	16.23	16.23
4	0,30	1,36	0,00	34,07	0,00	16.23	16.23
5	0,40	1,81	0,00	45,42	0,00	16.23	16.23
6	0,50	2,26	0,00	59,29	0,00	16.23	16.23
7	0,60	2,71	0,00	82,22	0,00	16.23	16.23
8	0,70	3,16	0,00	121,46	0,00	16.23	16.23
9	0,80	3,62	0,00	191,24	0,00	16.23	16.23
10	0,90	4,07	0,00	335,20	0,00	16.23	16.23
11	1,00	4,52	0,00	557,97	0,00	16.23	16.23
12	1,10	4,97	0,00	592,06	0,00	16.23	16.23
13	1,20	5,42	0,00	482,68	0,00	16.23	16.23
14	1,30	5,88	0,00	458,67	0,00	16.23	16.23
15	1,40	6,33	0,00	454,11	0,00	16.23	16.23
16	1,50	6,78	0,00	456,35	0,00	16.23	16.23
17	1,60	7,23	0,00	461,85	0,00	16.23	16.23
18	1,70	10,17	0,00	469,17	0,00	16.23	16.23
19	1,80	13,59	0,00	477,59	0,00	16.23	16.23
20	1,90	14,68	0,00	486,26	0,00	16.23	16.23
21	1,98	15,25	0,00	492,93	0,00	16.23	16.23
22	2,00	7,73	0,00	624,12	0,00	16.23	16.23
23	2,02	0,00	0,00	754,35	0,00	13.74	13.74
24	2,10	0,00	0,00	758,77	0,00	13.74	13.74
25	2,20	0,00	0,00	736,48	0,00	13.74	13.74
26	2,30	0,00	0,00	678,92	0,00	13.74	13.74
27	2,40	0,00	0,00	649,01	0,00	13.74	13.74
28	2,50	0,00	0,00	653,10	256,93	13.74	13.74
29	2,60	0,00	0,00	655,50	262,03	13.74	13.74
30	2,70	0,00	0,00	657,29	267,13	13.74	13.74
31	2,80	0,00	0,00	659,62	270,92	13.74	13.74
32	2,90	0,00	0,00	662,42	274,72	13.74	13.74
33	3,00	0,00	0,00	665,61	278,51	13.74	13.74
34	3,10	0,00	0,00	669,14	282,30	13.74	13.74
35	3,20	0,00	0,00	672,94	286,09	13.74	13.74
36	3,30	0,00	0,00	676,99	289,88	13.74	13.74
37	3,40	0,00	0,00	681,25	293,67	13.74	13.74
38	3,50	0,00	0,00	685,68	297,45	13.74	13.74

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
39	3,60	0,00	0,00	690,28	301,24	13.74	13.74
40	3,70	0,00	0,00	695,01	305,02	13.74	13.74
41	3,80	0,00	0,00	699,86	308,80	13.74	13.74
42	3,90	0,00	0,00	704,57	312,39	13.74	13.74
43	3,98	0,00	0,00	708,08	315,03	13.74	13.74
44	4,00	0,00	0,00	709,86	316,36	13.74	13.74
45	4,02	0,00	0,00	711,65	317,68	13.74	13.74
46	4,10	0,00	0,00	715,26	320,32	13.74	13.74
47	4,20	0,00	0,00	720,22	323,91	13.74	13.74
48	4,30	0,00	0,00	725,49	327,68	13.74	13.74
49	4,40	0,00	0,00	730,83	331,45	13.74	13.74
50	4,50	0,00	0,00	736,22	335,23	13.74	13.74
51	4,60	0,00	0,00	741,66	339,00	13.74	13.74
52	4,70	0,00	0,00	747,14	342,76	13.74	13.74
53	4,80	0,00	0,00	752,66	346,53	13.74	13.74
54	4,90	0,00	0,00	757,27	350,30	13.74	13.74
55	5,00	0,00	0,00	761,54	355,80	13.74	13.74
56	5,10	0,00	0,00	766,76	371,81	13.74	13.74
57	5,20	0,00	0,00	772,39	398,73	13.74	13.74
58	5,30	0,00	0,00	778,04	429,07	13.74	13.74
59	5,40	0,00	0,00	783,72	462,10	13.74	13.74
60	5,50	0,00	0,00	789,42	496,65	13.74	13.74

## Fase n° 3 - SLV - GEO

n°	Y	$\sigma_{um}$	$\sigma_{sv}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_s$	$\delta_p$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20.00	20.00
2	0,10	0,38	0,00	20,60	0,00	20.00	20.00
3	0,20	0,77	0,00	41,20	0,00	20.00	20.00
4	0,30	1,15	0,00	62,04	0,00	20.00	20.00
5	0,40	1,54	0,00	93,10	0,00	20.00	20.00
6	0,50	1,92	0,00	160,72	0,00	20.00	20.00
7	0,60	2,31	0,00	339,97	0,00	20.00	20.00
8	0,70	2,69	0,00	801,38	0,00	20.00	20.00
9	0,80	3,08	0,00	976,31	0,00	20.00	20.00
10	0,90	3,46	0,00	787,27	0,00	20.00	20.00
11	1,00	3,85	0,00	746,88	0,00	20.00	20.00
12	1,10	4,23	0,00	743,35	0,00	20.00	20.00
13	1,20	4,61	0,00	750,99	0,00	20.00	20.00
14	1,30	5,00	0,00	763,61	0,00	20.00	20.00
15	1,40	5,38	0,00	778,88	0,00	20.00	20.00
16	1,50	5,77	0,00	795,72	0,00	20.00	20.00
17	1,60	6,15	0,00	622,28	0,00	20.00	20.00
18	1,70	6,54	0,00	442,78	0,00	20.00	20.00
19	1,80	6,92	0,00	453,55	0,00	20.00	20.00
20	1,90	7,29	0,00	469,04	0,00	20.00	20.00
21	1,98	7,56	0,00	480,58	0,00	20.00	20.00
22	2,00	4,18	0,00	761,99	0,00	20.00	20.00
23	2,02	0,72	0,00	1040,31	0,00	17.00	17.00
24	2,10	0,75	0,00	1043,68	0,00	17.00	17.00
25	2,20	0,78	0,00	1049,14	0,00	17.00	17.00
26	2,30	0,82	0,00	1055,68	0,00	17.00	17.00
27	2,40	0,85	0,00	1062,22	0,00	17.00	17.00
28	2,50	0,89	0,00	1068,63	411,28	17.00	17.00
29	2,60	0,00	0,00	1074,26	418,76	17.00	17.00
30	2,70	0,00	0,00	1079,29	426,24	17.00	17.00
31	2,80	0,00	0,00	1084,88	431,64	17.00	17.00
32	2,90	0,00	0,00	1090,95	437,04	17.00	17.00
33	3,00	0,00	0,00	1097,41	442,43	17.00	17.00
34	3,10	0,00	0,00	1104,22	447,83	17.00	17.00
35	3,20	0,00	0,00	1111,33	453,22	17.00	17.00
36	3,30	0,00	0,00	1118,69	458,61	17.00	17.00
37	3,40	0,00	0,00	1126,27	464,00	17.00	17.00
38	3,50	0,00	0,00	1134,04	469,39	17.00	17.00
39	3,60	0,00	0,00	1141,98	474,77	17.00	17.00
40	3,70	0,00	0,00	1150,06	480,16	17.00	17.00
41	3,80	0,00	0,00	1158,27	485,54	17.00	17.00
42	3,90	0,00	0,00	1166,18	490,65	17.00	17.00
43	3,98	0,00	0,00	1172,06	494,42	17.00	17.00
44	4,00	0,00	0,00	1175,02	496,30	17.00	17.00
45	4,02	0,00	0,00	1177,99	498,19	17.00	17.00
46	4,10	0,00	0,00	1183,98	501,95	17.00	17.00
47	4,20	0,00	0,00	1192,15	507,06	17.00	17.00
48	4,30	0,00	0,00	1201,08	512,43	17.00	17.00

n°	Y	$\sigma_{\text{sm}}$	$\sigma_{\text{sv}}$	$\sigma_{\text{sm}}$	$\sigma_{\text{sv}}$	$\delta_{\text{o}}$	$\delta_{\text{p}}$
	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[°]
49	4,40	0,00	0,00	1211,14	517,81	17,00	17,00
50	4,50	0,00	0,00	1221,01	523,18	17,00	17,00
51	4,60	0,00	0,00	1229,87	531,45	17,00	17,00
52	4,70	0,00	0,00	1238,79	559,91	17,00	17,00
53	4,80	0,00	0,00	1247,74	611,11	17,00	17,00
54	4,90	0,00	0,00	1256,73	671,39	17,00	17,00
55	5,00	0,00	0,00	1265,76	739,30	17,00	17,00
56	5,10	0,00	0,00	1274,82	810,30	17,00	17,00
57	5,20	0,00	0,00	1283,90	854,01	17,00	17,00
58	5,30	0,00	0,00	1293,02	867,39	17,00	17,00
59	5,40	0,00	0,00	1302,15	876,82	17,00	17,00
60	5,50	0,00	0,00	1311,31	886,26	17,00	17,00

Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione espressa in [m]  
P pressione sulla paratia espressa in [kPa] positiva da monte verso valle

Fase n° 1 - ESE

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,1640
3	0,10	0,3279
4	0,15	0,4919
5	0,20	0,6558
6	0,25	0,8198
7	0,30	0,9837
8	0,35	1,1477
9	0,40	1,3117
10	0,45	1,4756
11	0,50	1,6396
12	0,55	1,8035
13	0,60	1,9675
14	0,65	2,1314
15	0,70	2,2954
16	0,75	2,4594
17	0,80	2,6233
18	0,85	2,7873
19	0,90	2,9512
20	0,95	3,1152
21	1,00	3,2791
22	1,05	3,4431
23	1,10	3,6071
24	1,15	3,7710
25	1,20	3,9350
26	1,25	4,0989
27	1,30	4,2629
28	1,35	4,4268
29	1,40	4,5908
30	1,45	4,7548
31	1,50	4,9187
32	1,55	5,0827
33	1,60	5,2466
34	1,65	5,4106
35	1,70	5,5745
36	1,75	5,7385
37	1,80	5,9025
38	1,85	6,0582
39	1,90	6,2140
40	1,95	6,3574
41	2,00	3,2627
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-16,0988
7	2,80	-15,5813
8	2,85	-15,0653
9	2,90	-14,5508
10	2,95	-14,0380
11	3,00	-13,5268
12	3,05	-13,0172
13	3,10	-12,5092
14	3,15	-12,0029
15	3,20	-11,4983
16	3,25	-10,9953
17	3,30	-10,4940
18	3,35	-9,9944
19	3,40	-9,4964
20	3,45	-9,0001
21	3,50	-8,5053
22	3,55	-8,0122
23	3,60	-7,5206
24	3,65	-7,0306
25	3,70	-6,5421
26	3,75	-6,0550
27	3,80	-5,5694
28	3,85	-5,0851
29	3,90	-4,6023
30	3,95	-4,1207
31	4,00	-4,0266
32	4,05	-3,8320
33	4,10	-3,2527
34	4,15	-2,6748
35	4,20	-2,0981
36	4,25	-1,5226
37	4,30	-0,9484
38	4,35	-0,3752
39	4,40	0,1970
40	4,45	0,7514
41	4,50	1,3092
42	4,55	1,8662
43	4,60	2,4224
44	4,65	2,9780
45	4,70	3,5329
46	4,75	4,0873
47	4,80	4,6411
48	4,85	5,1945
49	4,90	5,7476
50	4,95	6,3002
51	5,00	6,8526
52	5,05	7,4047
53	5,10	7,9567
54	5,15	8,5084
55	5,20	9,0601
56	5,25	9,6116
57	5,30	10,1631
58	5,35	10,7145
59	5,40	11,2659
60	5,45	11,8173
61	5,50	12,3687

Fase n° 2 - ESE

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,1640
3	0,10	0,3279
4	0,15	0,4919
5	0,20	0,6558
6	0,25	0,8198
7	0,30	0,9837
8	0,35	1,1477
9	0,40	1,3117

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
10	0,45	1,4756
11	0,50	1,6396
12	0,55	1,8035
13	0,60	1,9675
14	0,65	2,1314
15	0,70	2,2954
16	0,75	2,4594
17	0,80	2,6233
18	0,85	2,7873
19	0,90	2,9512
20	0,95	3,1152
21	1,00	3,2791
22	1,05	3,4431
23	1,10	3,6071
24	1,15	3,7710
25	1,20	3,9350
26	1,25	4,0989
27	1,30	4,2629
28	1,35	4,4268
29	1,40	4,5908
30	1,45	4,7548
31	1,50	4,9187
32	1,55	5,0827
33	1,60	5,2466
34	1,65	5,4106
35	1,70	5,5745
36	1,75	5,7385
37	1,80	5,9025
38	1,85	6,0582
39	1,90	6,2140
40	1,95	6,3574
41	2,00	3,2627
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-16,0995
7	2,80	-15,5820
8	2,85	-15,0660
9	2,90	-14,5515
10	2,95	-14,0387
11	3,00	-13,5274
12	3,05	-13,0178
13	3,10	-12,5098
14	3,15	-12,0035
15	3,20	-11,4988
16	3,25	-10,9958
17	3,30	-10,4945
18	3,35	-9,9949
19	3,40	-9,4969
20	3,45	-9,0005
21	3,50	-8,5057
22	3,55	-8,0126
23	3,60	-7,5210
24	3,65	-7,0309
25	3,70	-6,5424
26	3,75	-6,0553
27	3,80	-5,5697
28	3,85	-5,0854
29	3,90	-4,6025
30	3,95	-4,1209
31	4,00	-4,0268
32	4,05	-3,8322
33	4,10	-3,2529
34	4,15	-2,6749
35	4,20	-2,0982
36	4,25	-1,5227

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
37	4,30	-0,9484
38	4,35	-0,3752
39	4,40	0,1970
40	4,45	0,7514
41	4,50	1,3092
42	4,55	1,8662
43	4,60	2,4225
44	4,65	2,9781
45	4,70	3,5330
46	4,75	4,0874
47	4,80	4,6413
48	4,85	5,1948
49	4,90	5,7478
50	4,95	6,3005
51	5,00	6,8529
52	5,05	7,4051
53	5,10	7,9570
54	5,15	8,5088
55	5,20	9,0605
56	5,25	9,6120
57	5,30	10,1635
58	5,35	10,7150
59	5,40	11,2664
60	5,45	11,8178
61	5,50	12,3692

## Fase n° 3 - ESE

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,1690
3	0,10	0,3380
4	0,15	0,5069
5	0,20	0,6759
6	0,25	0,8449
7	0,30	1,0139
8	0,35	1,1829
9	0,40	1,3518
10	0,45	1,5208
11	0,50	1,6898
12	0,55	1,8588
13	0,60	2,0278
14	0,65	2,1968
15	0,70	2,3657
16	0,75	2,5347
17	0,80	2,7037
18	0,85	2,8727
19	0,90	3,0417
20	0,95	3,2106
21	1,00	3,3796
22	1,05	3,5486
23	1,10	3,7176
24	1,15	3,8866
25	1,20	4,0555
26	1,25	4,2245
27	1,30	4,3935
28	1,35	4,5625
29	1,40	4,7315
30	1,45	4,9004
31	1,50	5,0694
32	1,55	5,2384
33	1,60	5,4074
34	1,65	5,5764
35	1,70	5,7454
36	1,75	5,9143
37	1,80	6,0833
38	1,85	6,2441
39	1,90	6,4049
40	1,95	6,5534
41	2,00	3,4637
42	2,05	0,2096
43	2,10	0,2147
44	2,15	0,2199
45	2,20	0,2250



n°	Y	P
	[m]	[kPa]
46	2,25	0,2301
47	2,30	0,2352
48	2,35	0,2403
49	2,40	0,2454
50	2,45	0,2505
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-18,7379
7	2,80	-18,1613
8	2,85	-17,5865
9	2,90	-17,0134
10	2,95	-16,4421
11	3,00	-15,8726
12	3,05	-15,3050
13	3,10	-14,7393
14	3,15	-14,1754
15	3,20	-13,6134
16	3,25	-13,0534
17	3,30	-12,4952
18	3,35	-11,9389
19	3,40	-11,3845
20	3,45	-10,8319
21	3,50	-10,2812
22	3,55	-9,7323
23	3,60	-9,1851
24	3,65	-8,6397
25	3,70	-8,0961
26	3,75	-7,5540
27	3,80	-7,0137
28	3,85	-6,4749
29	3,90	-5,9376
30	3,95	-5,4018
31	4,00	-5,3839
32	4,05	-5,2542
33	4,10	-4,6098
34	4,15	-3,9669
35	4,20	-3,3255
36	4,25	-2,6855
37	4,30	-2,0468
38	4,35	-1,4094
39	4,40	-0,7732
40	4,45	-0,1548
41	4,50	0,4668
42	4,55	1,0876
43	4,60	1,7074
44	4,65	2,3265
45	4,70	2,9449
46	4,75	3,5626
47	4,80	4,1798
48	4,85	4,7964
49	4,90	5,4126
50	4,95	6,0283
51	5,00	6,6438
52	5,05	7,2590
53	5,10	7,8739
54	5,15	8,4886
55	5,20	9,1032
56	5,25	9,7154
57	5,30	10,3284
58	5,35	10,9414
59	5,40	11,5544
60	5,45	12,1673
61	5,50	12,7802

## Fase n° 1 - SLU - STR

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,2131
3	0,10	0,4263
4	0,15	0,6394

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
5	0,20	0,8526
6	0,25	1,0657
7	0,30	1,2789
8	0,35	1,4920
9	0,40	1,7052
10	0,45	1,9183
11	0,50	2,1314
12	0,55	2,3446
13	0,60	2,5577
14	0,65	2,7709
15	0,70	2,9840
16	0,75	3,1972
17	0,80	3,4103
18	0,85	3,6235
19	0,90	3,8366
20	0,95	4,0497
21	1,00	4,2629
22	1,05	4,4760
23	1,10	4,6892
24	1,15	4,9023
25	1,20	5,1155
26	1,25	5,3286
27	1,30	5,5417
28	1,35	5,7549
29	1,40	5,9680
30	1,45	6,1812
31	1,50	6,3943
32	1,55	6,6075
33	1,60	6,8206
34	1,65	7,0338
35	1,70	7,2469
36	1,75	7,4600
37	1,80	7,6732
38	1,85	7,8757
39	1,90	8,0782
40	1,95	8,2647
41	2,00	8,4416
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-20,9284
7	2,80	-20,2556
8	2,85	-19,5849
9	2,90	-18,9161
10	2,95	-18,2494
11	3,00	-17,5848
12	3,05	-16,9223
13	3,10	-16,2620
14	3,15	-15,6038
15	3,20	-14,9478
16	3,25	-14,2939
17	3,30	-13,6422
18	3,35	-12,9927
19	3,40	-12,3453
20	3,45	-11,7001
21	3,50	-11,0569
22	3,55	-10,4158
23	3,60	-9,7768
24	3,65	-9,1398
25	3,70	-8,5047
26	3,75	-7,8715
27	3,80	-7,2402
28	3,85	-6,6107
29	3,90	-5,9830
30	3,95	-5,3569
31	4,00	-5,2346

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
32	4,05	-4,9817
33	4,10	-4,2285
34	4,15	-3,4772
35	4,20	-2,7275
36	4,25	-1,9794
37	4,30	-1,2329
38	4,35	-0,4877
39	4,40	0,2561
40	4,45	0,9768
41	4,50	1,7019
42	4,55	2,4260
43	4,60	3,1491
44	4,65	3,8714
45	4,70	4,5928
46	4,75	5,3135
47	4,80	6,0335
48	4,85	6,7529
49	4,90	7,4718
50	4,95	8,1903
51	5,00	8,9084
52	5,05	9,6262
53	5,10	10,3437
54	5,15	11,0610
55	5,20	11,7781
56	5,25	12,4951
57	5,30	13,2120
58	5,35	13,9289
59	5,40	14,6457
60	5,45	15,3625
61	5,50	16,0793

## Fase n° 2 - SLU - STR

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,2131
3	0,10	0,4263
4	0,15	0,6394
5	0,20	0,8526
6	0,25	1,0657
7	0,30	1,2789
8	0,35	1,4920
9	0,40	1,7052
10	0,45	1,9183
11	0,50	2,1314
12	0,55	2,3446
13	0,60	2,5577
14	0,65	2,7709
15	0,70	2,9840
16	0,75	3,1972
17	0,80	3,4103
18	0,85	3,6235
19	0,90	3,8366
20	0,95	4,0497
21	1,00	4,2629
22	1,05	4,4760
23	1,10	4,6892
24	1,15	4,9023
25	1,20	5,1155
26	1,25	5,3286
27	1,30	5,5417
28	1,35	5,7549
29	1,40	5,9680
30	1,45	6,1812
31	1,50	6,3943
32	1,55	6,6075
33	1,60	6,8206
34	1,65	7,0338
35	1,70	7,2469
36	1,75	7,4600
37	1,80	7,6732
38	1,85	7,8757
39	1,90	8,0782
40	1,95	8,2647

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
41	2,00	4,2416
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-20,9294
7	2,80	-20,2566
8	2,85	-19,5858
9	2,90	-18,9170
10	2,95	-18,2503
11	3,00	-17,5856
12	3,05	-16,9231
13	3,10	-16,2627
14	3,15	-15,6045
15	3,20	-14,9485
16	3,25	-14,2946
17	3,30	-13,6429
18	3,35	-12,9933
19	3,40	-12,3459
20	3,45	-11,7007
21	3,50	-11,0575
22	3,55	-10,4164
23	3,60	-9,7773
24	3,65	-9,1402
25	3,70	-8,5051
26	3,75	-7,8719
27	3,80	-7,2406
28	3,85	-6,6110
29	3,90	-5,9833
30	3,95	-5,3572
31	4,00	-5,2348
32	4,05	-4,9819
33	4,10	-4,2288
34	4,15	-3,4774
35	4,20	-2,7277
36	4,25	-1,9796
37	4,30	-1,2330
38	4,35	-0,4878
39	4,40	0,2560
40	4,45	0,9768
41	4,50	1,7020
42	4,55	2,4261
43	4,60	3,1493
44	4,65	3,8715
45	4,70	4,5930
46	4,75	5,3137
47	4,80	6,0337
48	4,85	6,7532
49	4,90	7,4721
50	4,95	8,1907
51	5,00	8,9088
52	5,05	9,6266
53	5,10	10,3441
54	5,15	11,0615
55	5,20	11,7786
56	5,25	12,4956
57	5,30	13,2126
58	5,35	13,9295
59	5,40	14,6463
60	5,45	15,3632
61	5,50	16,0800

## Fase n° 3 - SLV - STR

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,1807
3	0,10	0,3613
4	0,15	0,5420
5	0,20	0,7227
6	0,25	0,9034
7	0,30	1,0841
8	0,35	1,2647
9	0,40	1,4454
10	0,45	1,6261
11	0,50	1,8068
12	0,55	1,9874
13	0,60	2,1681
14	0,65	2,3488
15	0,70	2,5295
16	0,75	2,7102
17	0,80	2,8908
18	0,85	3,0715
19	0,90	3,2522
20	0,95	3,4329
21	1,00	3,6135
22	1,05	3,7942
23	1,10	3,9749
24	1,15	4,1556
25	1,20	4,3362
26	1,25	4,5169
27	1,30	4,6976
28	1,35	4,8783
29	1,40	5,0590
30	1,45	5,2396
31	1,50	5,4203
32	1,55	5,6010
33	1,60	5,7817
34	1,65	5,9623
35	1,70	6,1430
36	1,75	6,3237
37	1,80	6,5044
38	1,85	6,6769
39	1,90	6,8493
40	1,95	7,0095
41	2,00	3,9315
42	2,05	0,6976
43	2,10	0,7147
44	2,15	0,7317
45	2,20	0,7487
46	2,25	0,7657
47	2,30	0,7827
48	2,35	0,7997
49	2,40	0,8168
50	2,45	0,8338
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-22,3851
7	2,80	-21,6999
8	2,85	-21,0166
9	2,90	-20,3355
10	2,95	-19,6564
11	3,00	-18,9795
12	3,05	-18,3048
13	3,10	-17,6323
14	3,15	-16,9619
15	3,20	-16,2938
16	3,25	-15,6280
17	3,30	-14,9643
18	3,35	-14,3029
19	3,40	-13,6437
20	3,45	-12,9866
21	3,50	-12,3317
22	3,55	-11,6790
23	3,60	-11,0283
24	3,65	-10,3797
25	3,70	-9,7331
26	3,75	-9,0885

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
27	3,80	-8,4458
28	3,85	-7,8049
29	3,90	-7,1659
30	3,95	-6,5286
31	4,00	-6,5182
32	4,05	-6,3748
33	4,10	-5,6083
34	4,15	-4,8435
35	4,20	-4,0805
36	4,25	-3,3191
37	4,30	-2,5593
38	4,35	-1,8010
39	4,40	-1,0440
40	4,45	-0,3102
41	4,50	0,4280
42	4,55	1,1652
43	4,60	1,9013
44	4,65	2,6365
45	4,70	3,3709
46	4,75	4,1045
47	4,80	4,8374
48	4,85	5,5697
49	4,90	6,3015
50	4,95	7,0328
51	5,00	7,7638
52	5,05	8,4944
53	5,10	9,2247
54	5,15	9,9548
55	5,20	10,6847
56	5,25	11,4145
57	5,30	12,1442
58	5,35	12,8738
59	5,40	13,6035
60	5,45	14,3331
61	5,50	15,0626

## Fase n° 1 - SLU - GEO

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,2170
3	0,10	0,4339
4	0,15	0,6509
5	0,20	0,8679
6	0,25	1,0848
7	0,30	1,3018
8	0,35	1,5188
9	0,40	1,7357
10	0,45	1,9527
11	0,50	2,1697
12	0,55	2,3866
13	0,60	2,6036
14	0,65	2,8206
15	0,70	3,0375
16	0,75	3,2545
17	0,80	3,4715
18	0,85	3,6884
19	0,90	3,9054
20	0,95	4,1224
21	1,00	4,3393
22	1,05	4,5563
23	1,10	4,7733
24	1,15	4,9902
25	1,20	5,2072
26	1,25	5,4242
27	1,30	5,6411
28	1,35	5,8581
29	1,40	6,0751
30	1,45	6,2920
31	1,50	6,5090
32	1,55	6,7260
33	1,60	6,9429
34	1,65	7,1599
35	1,70	7,3769

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
36	1,75	7,5938
37	1,80	7,8108
38	1,85	8,0169
39	1,90	8,2230
40	1,95	8,4129
41	2,00	4,3176
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-21,3037
7	2,80	-20,6189
8	2,85	-19,9361
9	2,90	-19,2553
10	2,95	-18,5766
11	3,00	-17,9001
12	3,05	-17,2257
13	3,10	-16,5536
14	3,15	-15,8836
15	3,20	-15,2158
16	3,25	-14,5502
17	3,30	-13,8869
18	3,35	-13,2257
19	3,40	-12,5667
20	3,45	-11,9099
21	3,50	-11,2552
22	3,55	-10,6026
23	3,60	-9,9521
24	3,65	-9,3037
25	3,70	-8,6572
26	3,75	-8,0126
27	3,80	-7,3700
28	3,85	-6,7292
29	3,90	-6,0902
30	3,95	-5,4530
31	4,00	-5,3284
32	4,05	-5,0710
33	4,10	-4,3044
34	4,15	-3,5395
35	4,20	-2,7764
36	4,25	-2,0149
37	4,30	-1,2550
38	4,35	-0,4965
39	4,40	0,2607
40	4,45	0,9943
41	4,50	1,7324
42	4,55	2,4695
43	4,60	3,2056
44	4,65	3,9408
45	4,70	4,6751
46	4,75	5,4087
47	4,80	6,1417
48	4,85	6,8740
49	4,90	7,6058
50	4,95	8,3372
51	5,00	9,0681
52	5,05	9,7988
53	5,10	10,5292
54	5,15	11,2593
55	5,20	11,9893
56	5,25	12,7191
57	5,30	13,4489
58	5,35	14,1786
59	5,40	14,9083
60	5,45	15,6380
61	5,50	16,3676

## Fase n° 2 - SLU - GEO

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,2170
3	0,10	0,4339
4	0,15	0,6509
5	0,20	0,8679
6	0,25	1,0848
7	0,30	1,3018
8	0,35	1,5188
9	0,40	1,7357
10	0,45	1,9527
11	0,50	2,1697
12	0,55	2,3866
13	0,60	2,6036
14	0,65	2,8206
15	0,70	3,0375
16	0,75	3,2545
17	0,80	3,4715
18	0,85	3,6884
19	0,90	3,9054
20	0,95	4,1224
21	1,00	4,3393
22	1,05	4,5563
23	1,10	4,7733
24	1,15	4,9902
25	1,20	5,2072
26	1,25	5,4242
27	1,30	5,6411
28	1,35	5,8581
29	1,40	6,0751
30	1,45	6,2920
31	1,50	6,5090
32	1,55	6,7260
33	1,60	6,9429
34	1,65	8,3518
35	1,70	9,7608
36	1,75	11,4046
37	1,80	13,0485
38	1,85	13,5714
39	1,90	14,0943
40	1,95	14,4387
41	2,00	7,4187
42	2,05	0,0000
43	2,10	0,0000
44	2,15	0,0000
45	2,20	0,0000
46	2,25	0,0000
47	2,30	0,0000
48	2,35	0,0000
49	2,40	0,0000
50	2,45	0,0000
1	2,50	0,0000
2	2,55	0,0000
3	2,60	0,0000
4	2,65	0,0000
5	2,70	0,0000
6	2,75	-24,7260
7	2,80	-23,9351
8	2,85	-23,1464
9	2,90	-22,3601
10	2,95	-21,5761
11	3,00	-20,7946
12	3,05	-20,0155
13	3,10	-19,2388
14	3,15	-18,4646
15	3,20	-17,6930
16	3,25	-16,9238
17	3,30	-16,1572
18	3,35	-15,3930
19	3,40	-14,6314
20	3,45	-13,8722
21	3,50	-13,1154
22	3,55	-12,3610
23	3,60	-11,6090
24	3,65	-10,8593
25	3,70	-10,1119
26	3,75	-9,3667

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
27	3,80	-8,6237
28	3,85	-7,8828
29	3,90	-7,1439
30	3,95	-6,4070
31	4,00	-6,2737
32	4,05	-5,9867
33	4,10	-5,1002
34	4,15	-4,2157
35	4,20	-3,3331
36	4,25	-2,4524
37	4,30	-1,5735
38	4,35	-0,6962
39	4,40	0,1794
40	4,45	1,0314
41	4,50	1,8844
42	4,55	2,7369
43	4,60	3,5883
44	4,65	4,4387
45	4,70	5,2881
46	4,75	6,1367
47	4,80	6,9844
48	4,85	7,8315
49	4,90	8,6780
50	4,95	9,5240
51	5,00	10,3695
52	5,05	11,2147
53	5,10	12,0595
54	5,15	12,9041
55	5,20	13,7485
56	5,25	14,5928
57	5,30	15,4369
58	5,35	16,2810
59	5,40	17,1250
60	5,45	17,9691
61	5,50	18,8131

Fase n° 3 - SLV - GEO

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
1	0,00	0,0000
2	0,05	0,4916
3	0,10	0,6674
4	0,15	0,8431
5	0,20	1,0189
6	0,25	1,1947
7	0,30	1,3704
8	0,35	1,5462
9	0,40	1,7220
10	0,45	1,8977
11	0,50	2,0735
12	0,55	2,2493
13	0,60	2,4250
14	0,65	2,6008
15	0,70	2,7765
16	0,75	2,9523
17	0,80	3,1280
18	0,85	3,3038
19	0,90	3,4795
20	0,95	3,6553
21	1,00	3,8310
22	1,05	4,0067
23	1,10	4,1825
24	1,15	4,3582
25	1,20	4,5339
26	1,25	4,7096
27	1,30	4,8853
28	1,35	5,0610
29	1,40	5,2367
30	1,45	5,4123
31	1,50	5,5880
32	1,55	5,7637
33	1,60	5,9393
34	1,65	6,1150
35	1,70	6,2906

n°	Y	P
	[m]	[kPa]
36	1,75	6,4662
37	1,80	6,6418
38	1,85	6,8092
39	1,90	6,9766
40	1,95	7,1317
41	2,00	4,4695
42	2,05	1,6146
43	2,10	1,5899
44	2,15	1,5651
45	2,20	1,5404
46	2,25	1,5156
47	2,30	1,4909
48	2,35	1,4662
49	2,40	1,4415
50	2,45	1,4168
1	2,50	0,5414
2	2,55	0,4998
3	2,60	0,4583
4	2,65	0,4169
5	2,70	0,3755
6	2,75	-24,3918
7	2,80	-23,6422
8	2,85	-22,8948
9	2,90	-22,1495
10	2,95	-21,4066
11	3,00	-20,6660
12	3,05	-19,9278
13	3,10	-19,1919
14	3,15	-18,4584
15	3,20	-17,7274
16	3,25	-17,0008
17	3,30	-16,2757
18	3,35	-15,5530
19	3,40	-14,8327
20	3,45	-14,1148
21	3,50	-13,3992
22	3,55	-12,6859
23	3,60	-11,9749
24	3,65	-11,2661
25	3,70	-10,5595
26	3,75	-9,8551
27	3,80	-9,1527
28	3,85	-8,4524
29	3,90	-7,7541
30	3,95	-7,0576
31	4,00	-7,0380
32	4,05	-6,8731
33	4,10	-6,0354
34	4,15	-5,1996
35	4,20	-4,3656
36	4,25	-3,5335
37	4,30	-2,7031
38	4,35	-1,8742
39	4,40	-1,0469
40	4,45	-0,2432
41	4,50	0,5615
42	4,55	1,3658
43	4,60	2,1690
44	4,65	2,9713
45	4,70	3,7726
46	4,75	4,5730
47	4,80	5,3728
48	4,85	6,1719
49	4,90	6,9704
50	4,95	7,7684
51	5,00	8,5660
52	5,05	9,3632
53	5,10	10,1601
54	5,15	10,9568
55	5,20	11,7532
56	5,25	12,5496
57	5,30	13,3458
58	5,35	14,1420
59	5,40	14,9382
60	5,45	15,7343
61	5,50	16,5304

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Pa Spinta attiva, espressa in [kN]
- Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kN]
- Pw Spinta della falda, espressa in [kN]
- Pp Resistenza passiva, espressa in [kN]
- Pc Controspinta, espressa in [kN]

n°	Tipo	Pa	Ypa	Is	YIs	Pw	Ypw	Pp	Ypp	Pc	Ypc
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	ESE	6,55	1,33	--	--	0,00	0,00	-13,48	3,28	6,93	5,13
2	ESE	6,55	1,33	--	--	0,00	0,00	-13,48	3,28	6,93	5,13
3	ESE	7,83	1,57	0,33	1,67	0,00	0,00	-16,46	3,31	6,65	5,15
1	SLU - STR	8,52	1,33	--	--	0,00	0,00	-17,53	3,28	9,01	5,13
2	SLU - STR	8,52	1,33	--	--	0,00	0,00	-17,53	3,28	9,01	5,13
3	SLV - STR	9,24	1,75	1,11	1,67	0,00	0,00	-19,77	3,31	7,77	5,16
1	SLU - GEO	8,67	1,33	--	--	0,00	0,00	-17,84	3,28	9,17	5,13
2	SLU - GEO	10,33	1,42	--	--	0,00	0,00	-20,80	3,29	10,47	5,13
3	SLV - GEO	10,03	1,73	1,11	1,67	0,00	0,00	-21,47	3,31	8,67	5,13

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kN]
- Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kN]
- Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kN]
- Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kN]

n°	Tipo	Rc	Yrc	Rt	Yrt	Rv	Yrv	Rp	Yrp
		[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]
1	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	ESE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	ESE	1,65	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - STR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - STR	1,65	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	SLU - GEO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	SLV - GEO	1,65	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Simbologia adottata

- n° Indice della Combinazione/Fase
- Tipo Tipo della Combinazione/Fase
- PnUL Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
- PiNV Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
- CROT Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
- MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
- R/RMAX Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esprimere, espresso in [%]
- Pp Portanza di punta, espressa in [kN]

n°	Tipo	PnUL	PiNV	CROT	MP	R/RMAX	Pp
		[m]	[m]	[m]	[%]	[%]	[m]
1	ESE	2,50	2,75	4,38	0,00	0,98	3618,74
2	ESE	2,50	2,75	4,38	0,00	0,97	3618,74
3	ESE	2,50	2,75	4,46	0,00	1,14	3618,74
1	SLU - STR	2,50	2,75	4,38	0,00	1,12	3618,74
2	SLU - STR	2,50	2,75	4,38	0,00	1,11	3618,74
3	SLV - STR	2,50	2,75	4,47	0,00	1,35	3618,74
1	SLU - GEO	2,50	2,75	4,38	0,00	2,08	2056,75
2	SLU - GEO	2,50	2,75	4,39	0,00	2,39	2056,75
3	SLV - GEO	2,50	2,75	2,70	0,00	1,33	3618,74

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- M momento flettente massimo e minimo espresso in [kNm]
- N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kN] (positivo di compressione)
- T taglio massimo e minimo espresso in [kN]

n°	Tipo	M	Ym	T	Yt	N	Yn	
		[kNm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]	[m]	
1	ESE	10,58	3,20	6,55	2,00	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-6,93	4,35	0,00	0,00	MIN
2	ESE	10,58	3,20	6,55	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-6,93	4,35	0,00	0,00	MIN
3	ESE	12,01	3,20	7,51	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-7,90	4,35	0,00	0,00	MIN
1	SLU - STR	13,76	3,20	8,52	2,00	66,25	5,50	MAX
		0,00	5,50	-9,01	4,35	0,00	0,00	MIN
2	SLU - STR	13,76	3,20	8,52	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-9,01	4,35	0,00	0,00	MIN
3	SLV - STR	14,11	3,20	8,96	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-9,30	4,35	0,00	0,00	MIN
1	SLU - GEO	14,00	3,20	8,67	2,00	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-9,17	4,35	0,00	0,00	MIN
2	SLU - GEO	15,89	3,20	10,33	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-10,47	4,35	0,00	0,00	MIN
3	SLV - GEO	15,32	3,20	9,85	2,70	66,25	5,50	MAX
		0,00	0,00	-10,11	4,35	0,00	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase
- Tipo Tipo della combinazione/fase
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
- V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Yu	V	Yv	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	ESE	0,1061	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0243	5,50	0,0000	0,00	MIN
2	ESE	0,1061	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0243	5,50	0,0000	0,00	MIN
3	ESE	0,1202	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0251	5,50	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - STR	0,1380	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0316	5,50	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,1380	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0316	5,50	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - STR	0,1430	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0296	5,50	0,0000	0,00	MIN
1	SLU - GEO	0,1404	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0321	5,50	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,1622	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0369	5,50	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	0,1561	0,00	0,0011	0,00	MAX
		-0,0325	5,50	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

- n° Indice combinazione/Fase
- Tipo Tipo combinazione/Fase
- Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
- U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	[cm]
1	ESE	2,7500	0,1061
2	ESE	2,7500	0,1061
3	ESE	2,7500	0,1202
1	SLU - STR	2,7500	0,1380
2	SLU - STR	2,7500	0,1380
3	SLV - STR	2,7500	0,1430
1	SLU - GEO	2,7500	0,1404
2	SLU - GEO	2,7500	0,1622
3	SLV - GEO	2,7500	0,1561

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase  
Tipo Tipo della combinazione/fase  
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kN]  
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kN]  
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kN]  
T Reazione tiranti espresso in [kN]  
P Reazione puntoni espresso in [kN]  
V Reazione vincoli espresso in [kN]  
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kN]  
Y Punto di applicazione, espresso in [m]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
FS<sub>StB</sub> Fattore di sicurezza a ribaltamento  
FS<sub>ScO</sub> Fattore di sicurezza a scorrimento

I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della paratia.  
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS <sub>StB</sub>	FS <sub>ScO</sub>
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]		
8	SLU - GEO	10,76 1,42	1026,33 4,20	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	0,00 0,00	42,19	1300,89	30.834	96.495

Stabilità globale

Simbologia adottata

- n° Indice della combinazione/fase  
Tipo Tipo della combinazione/fase  
(X<sub>c</sub>; Y<sub>c</sub>) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]  
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]  
(X<sub>v</sub>; Y<sub>v</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]  
(X<sub>m</sub>; Y<sub>m</sub>) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]  
FS Coefficiente di sicurezza

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X <sub>c</sub> , Y <sub>c</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> , Y <sub>v</sub> [m]	X <sub>m</sub> , Y <sub>m</sub> [m]	FS
1	SLU - GEO	-1,10; 1,65	7,23	-6,19; -3,49	5,95; 0,00	8.108
2	SLU - GEO	-0,55; 2,20	7,72	-5,77; -3,49	6,86; 0,00	5.008
3	SLV - GEO	-0,55; 2,20	7,72	-5,77; -3,49	6,86; 0,00	5.950

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)  
Le strisce sono numerate da monte verso valle  
N° numero d'ordine della striscia  
W peso della striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)  
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kN]

Fase n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
1	3,0240	-41.30	0,33	29.26	72,0	10,8	(0,00; 0,00)
2	4,2431	-38.87	0,32	29.26	72,0	12,8	(0,00; 0,00)
3	5,3622	-36.51	0,31	29.26	72,0	14,7	(0,00; 0,00)
4	6,4585	-34.23	0,30	29.26	72,0	16,5	(0,00; 0,00)
5	7,5728	-32.01	0,30	29.26	72,0	18,1	(0,00; 0,00)
6	8,6062	-29.84	0,29	29.26	72,0	19,6	(0,00; 0,00)
7	9,5674	-27.71	0,28	29.26	72,0	20,9	(0,00; 0,00)
8	10,4606	-25.63	0,28	29.26	72,0	22,2	(0,00; 0,00)
9	11,2896	-23.58	0,27	29.26	72,0	23,3	(0,00; 0,00)
10	12,0575	-21.56	0,27	29.26	72,0	24,3	(0,00; 0,00)
11	12,7668	-19.57	0,27	29.26	72,0	25,2	(0,00; 0,00)

N°	Wi	α	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kN]	[°]	[m]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN]
12	13,4198	-17.61	0,26	29.26	72,0	26,1	(0,00; 0,00)
13	14,0184	-15.66	0,26	29.26	72,0	26,8	(0,00; 0,00)
14	14,5643	-13.74	0,26	29.26	72,0	27,4	(0,00; 0,00)
15	15,0588	-11.83	0,26	29.26	72,0	28,0	(0,00; 0,00)
16	15,5031	-9.93	0,25	29.26	72,0	28,5	(0,00; 0,00)
17	15,8982	-8.05	0,25	29.26	72,0	28,9	(0,00; 0,00)
18	16,2448	-6.17	0,25	29.26	72,0	29,2	(0,00; 0,00)
19	16,5435	-4.30	0,25	29.26	72,0	29,4	(0,00; 0,00)
20	16,7948	-2.44	0,25	29.26	72,0	29,5	(0,00; 0,00)
21	16,9988	-0.57	0,25	29.26	72,0	29,6	(0,00; 0,00)
22	17,1558	1.29	0,25	29.26	72,0	29,6	(0,00; 0,00)
23	17,2657	3.15	0,25	29.26	72,0	29,5	(0,00; 0,00)
24	17,8681	5.00	0,25	29.26	72,0	29,3	(0,00; 0,00)
25	17,7251	6.83	0,25	29.26	72,0	29,1	(0,00; 0,00)
26	17,5373	8.66	0,25	29.26	72,0	28,7	(0,00; 0,00)
27	17,3042	10.51	0,25	29.26	72,0	28,3	(0,00; 0,00)
28	17,0249	12.36	0,25	29.26	72,0	27,8	(0,00; 0,00)
29	16,6986	14.23	0,25	29.26	72,0	27,3	(0,00; 0,00)
30	16,3203	16.11	0,26	29.26	72,0	26,6	(0,00; 0,00)
31	15,8997	18.02	0,26	29.26	72,0	25,9	(0,00; 0,00)
32	15,4248	19.94	0,26	29.26	72,0	25,1	(0,00; 0,00)
33	14,8971	21.89	0,26	29.26	72,0	24,1	(0,00; 0,00)
34	14,3145	23.86	0,27	29.26	72,0	23,1	(0,00; 0,00)
35	13,6745	25.87	0,27	29.26	72,0	22,0	(0,00; 0,00)
36	12,9743	27.91	0,28	29.26	72,0	20,8	(0,00; 0,00)
37	12,2105	29.98	0,28	29.26	72,0	19,5	(0,00; 0,00)
38	11,3792	32.11	0,29	29.26	72,0	18,0	(0,00; 0,00)
39	10,4756	34.28	0,30	29.26	72,0	16,5	(0,00; 0,00)
40	9,5294	36.51	0,30	29.26	72,0	14,7	(0,00; 0,00)
41	8,5281	38.81	0,31	29.26	72,0	12,9	(0,00; 0,00)
42	7,4690	41.19	0,33	29.26	72,0	10,9	(0,00; 0,00)
43	6,3566	43.65	0,34	29.26	72,0	8,7	(0,00; 0,00)
44	5,1929	46.22	0,35	29.26	72,0	6,3	(0,00; 0,00)
45	3,9759	48.92	0,37	29.26	72,0	3,6	(0,00; 0,00)
46	2,7055	51.77	0,40	29.26	72,0	0,7	(0,00; 0,00)
47	1,3792	54.82	0,43	29.26	72,0	0,0	(0,00; 0,00)
48	0,0000	58.12	0,46	33.87	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	0,0000	61.76	0,52	33.87	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
50	0,0000	65.91	0,60	33.87	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
51	0,0000	70.03	0,72	33.87	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia = 0,0000 [kN]

ΣW<sub>i</sub> = 1036,9487 [kN]

ΣWsinα<sub>i</sub> = 293,3069 [kN]

ΣWtanφ<sub>i</sub> = 587,4157 [kN]

Σtanα<sub>i</sub>tanφ<sub>i</sub> = 9.02

Verifica armatura paratia (Involuppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

- n° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
A<sub>r</sub> area di armatura del palo espressa in [cmq]  
M momento flettente agente sul palo espresso in [kNm]  
N sforzo normale agente sul palo espresso in [kN] (positivo di compressione)  
M<sub>u</sub> momento ultimo di riferimento espresso in [kNm]  
N<sub>u</sub> sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kN]  
FS coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	FS
	[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
3 - SLV - GEO	3,10	37,70	16,14	38,20	939,06	2222,44	58.174



Verifica a taglio

*Simbologia adottata*  
n° numero d'ordine della sezione  
Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]  
A<sub>sw</sub> area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]  
s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]  
V<sub>ed</sub> taglio agente sul palo, espresso in [kN]  
V<sub>rd</sub> taglio resistente, espresso in [kN]  
FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V<sub>rd</sub>/ V<sub>ed</sub>)

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	A <sub>sw</sub>	s	V <sub>ed</sub>	V <sub>rd</sub>	FS
	[m]	[cmq]	[cm]	[kN]	[kN]	
3 - SLV - GEO	4,35	1,57	15,00	-10,71	233,39	21.787

Verifica tensioni

*Simbologia adottata*  
n° numero d'ordine della sezione  
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]  
A<sub>f</sub> area di armatura espressa in [cmq]  
σ<sub>c</sub> tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]  
σ<sub>f</sub> tensione nell'acciaio espressa in [kPa]

A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	cmb	σ <sub>f</sub>	cmb
[cmq]	[kPa]		[kPa]	
37,70	376	3	4923	3

Verifica fessurazione

*Simbologia adottata*  
Tipo Tipo della Combinazione/Fase  
Oggetto Muro/Paratia  
Y Ordinata sezione, espresso in [m]  
M Momento agente, espresso in [kNm]  
M<sub>f</sub> Momento prima fessurazione, espresso in [kNm]  
s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]  
ε<sub>sm</sub> Deformazione nelle fessure, espressa in [%]  
W<sub>lim</sub> Apertura limite fessure, espressa in [mm]  
W<sub>k</sub> Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M <sub>f</sub>	s	ε <sub>sm</sub>	W <sub>lim</sub>	W <sub>k</sub>
		[m]	[kNm]	[kNm]	[mm]	[%]	[mm]	[mm]
Paratia	1 - ESE	0,00	0,00	0,00	0,000	0.0000	100,000	0,000

Verifica sezione cordoli

*Simbologia adottata*  
M<sub>h</sub> momento flettente espresso in [kNm] nel piano orizzontale  
T<sub>h</sub> taglio espresso in [kN] nel piano orizzontale  
M<sub>v</sub> momento flettente espresso in [kNm] nel piano verticale  
T<sub>v</sub> taglio espresso in [kN] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=100,00 [cm]	H=180,00 [cm]		
A <sub>v</sub> =16,08 [cmq]	A <sub>h</sub> =8,04 [cmq]	Staffe φ16/20	Nbh=4 - Nbv=2
M <sub>h</sub> =10,48 [kNm]	M <sub>uh</sub> =585,05 [kNm]	FS=55.81	
T <sub>h</sub> =20,96 [kN]	T <sub>Rh</sub> =1373,69 [kN]	FS <sub>T</sub> =65.53	
M <sub>v</sub> =20,76 [kNm]	M <sub>uv</sub> =811,32 [kNm]	FS=39.08	
T <sub>v</sub> =42,81 [kN]	T <sub>R</sub> =1253,32 [kN]	FS <sub>Tv</sub> =29.28	