

**Autostrada SA-RC**

**INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA E DI DIFESA DELLE OPERE AUTOSTRADALI  
RELATIVAMENTE ALL'INTERAZIONE VIARIA CON IL FIUME MESIMA, NEL TRATTO  
COMPRESO TRA IL KM 369+800 E IL KM 378+500 DELL'AUTOSTRADA SA-RC**

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTAZIONE:



**MSM Ingegneria S.r.l.**  
Via della Meloria, 61 - 00136 ROMA

Ing. Leonardo Melica



GEOLOGIA:

Dott. Geol. Andrea Rondinara

Albo dei Geologi del Lazio n. 921

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Francesco Bianco*

RESPONSABILE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI E  
COORDINATORE TERRITORIALE

*Dott. Ing. Giuseppe Ferrara*

**OPERE DI SISTEMAZIONE E DI DIFESA IDRAULICA  
IN CORRISPONDENZA ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI  
VIADOTTO MESIMA 3  
RELAZIONE DI CALCOLO**

CODICE ELABORATO

REVISIONE

SCALA:

V I A R T 0 3

1

3					
2					
1	REVISIONE	LUGLIO 2020	T. Salvago de Gennaro	A. Salvago de Gennaro	L. Melica
0	EMISSIONE	APRILE 2020	T. Salvago de Gennaro	A. Salvago de Gennaro	L. Melica
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1	Documenti e normativa di riferimento .....	3
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DELL'AREA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INTERVENTI IN CORRISPONDENZA DEL MESIMA3.....</b>	<b>6</b>
3.1	Rinaturalizzazione con deposito di materiale .....	6
3.2	Paratia di pali $\phi 800$ .....	6
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>9</b>
4.1	Sondaggi geognostici a carotaggio continuo.....	10
4.2	Lecture piezometriche .....	10
4.3	Prove SPT.....	11
4.4	Prove DPSH.....	14
4.5	Prove MASW .....	18
4.6	Prove di laboratorio.....	20
4.6.1	Analisi granulometriche.....	20
4.6.2	Caratterizzazione fisica.....	20
4.6.3	Limiti di Atterberg .....	21
4.6.4	Prove di taglio diretto .....	22
4.6.5	Prove di compressione edometrica .....	26
4.6.6	Riepilogo prove di caratterizzazione meccanica .....	26
<b>5</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ SULLA COLMATA DI RIEMPIMENTO .....</b>	<b>27</b>
5.1	Caratterizzazione Geotecnica.....	27
5.2	Modello Geotecnico Di Calcolo .....	27
5.3	Caratterizzazione sismica e coefficienti sismici di progetto.....	29
5.3.1	Valutazione del livello di pericolosità sismica atteso sull'opera.....	29
5.3.2	Calcolo dei coefficienti sismici .....	31
5.4	Sicurezza E Prestazioni Attese.....	31
5.5	Verifiche Di Sicurezza.....	34
5.5.1	Falda 1 condizione statica SLU (A2+M2+R2) .....	34
5.5.2	Falda 1 condizione Sismica SLV (1+1+1.2).....	35
5.5.3	Falda 2 condizione statica SLU (A2+M2+R2) .....	36
5.5.4	Sintesi dei risultati e considerazioni finali .....	37
<b>6</b>	<b>ANALISI E DIMENSIONAMENTO DELLA PARATIA.....</b>	<b>38</b>
6.1	Caratteristiche dei materiali .....	38
6.1.1	Calcestruzzo per pali e travi di collegamento .....	38

**Relazione descrittiva e di calcolo**

6.1.2	Miscela cementizia per tiranti .....	38
6.1.3	Acciaio per barre d'armatura .....	38
6.1.4	Acciaio da carpenteria .....	38
6.1.5	Acciaio armonico per armatura dei tiranti .....	39
6.1.6	Gabbioni di pietrame .....	39
6.2	Caratterizzazione Geotecnica.....	39
6.3	Modello Geotecnico Di Calcolo .....	39
6.4	Caratterizzazione sismica e coefficienti sismici di progetto.....	40
6.4.1	Valutazione del livello di pericolosità sismica atteso sull'opera .....	40
6.4.2	Calcolo dei coefficienti sismici .....	41
6.5	Sicurezza E Prestazioni Attese.....	42
6.6	Resistenza a carico limite dei tiranti .....	42
6.7	Analisi e verifica dei meccanismi locali.....	51
6.8	Analisi di stabilità globale.....	56
6.9	Sintesi dei risultati e considerazioni finali .....	59

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione si inserisce nell'ambito della *“Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC.”*

La relazione è stata redatta al fine di valutare la stabilità degli interventi di sistemazione e di difesa idraulica in corrispondenza del viadotto Mesima 3. L'opera di maggior rilievo è una paratia di sostegno posta in destra idraulica e necessaria alla ridefinizione del flusso idrico di piena in rapporto al viadotto esistente.

Si prevede, inoltre, la rinaturalizzazione della vecchia area di sedime dell'autostrada dismessa con riprofilatura del versante mediante l'utilizzo di materiale proveniente dagli scavi.

Nel prosieguo della presente relazione saranno condotte le verifiche di stabilità riguardanti la rinaturalizzazione del versante e la paratia di pali  $\phi 800$  ubicata in destra idraulica.

La caratterizzazione dei terreni è stata condotta sulla base della campagna indagini 2018-2019.

### 1.1 Documenti e normativa di riferimento

Nella redazione della presente relazione geologico-geotecnica sono stati presi in considerazione i seguenti documenti di riferimento:

- CNR – Commissione per le norme di ingegneria geotecnica – Definizioni di termini geotecnici;
- DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (nel seguito indicate come NTC18);
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (nel seguito indicate come “CNTC 2019”).

## 2 INQUADRAMENTO DELL'AREA

La "Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC" interessa il tratto compreso all'interno della valle del Fiume Mesima nel tratto che va dallo svincolo di Mileto della Autostrada A3 Salerno-Reggio Calabria e il km 378+500 della stessa. In questo tratto l'autostrada corre sul fondovalle del fiume Mesima attraversandolo in quattro punti con quattro viadotti: Mesima 1, Mesima 2, Mesima 3 e Mesima 4.

In corrispondenza del viadotto, l'alveo del fiume Mesima attraversa la nuova infrastruttura autostradale e continua parallelamente lasciandosi la nuova infrastruttura in destra idraulica.

Il tratto oggetto di rinaturalizzazione è ubicato a sud a sud del viadotto *Mesima 3* ad una distanza di circa 5 km dallo svincolo di Mileto; esso è individuato su ortofoto nell'immagine seguente.

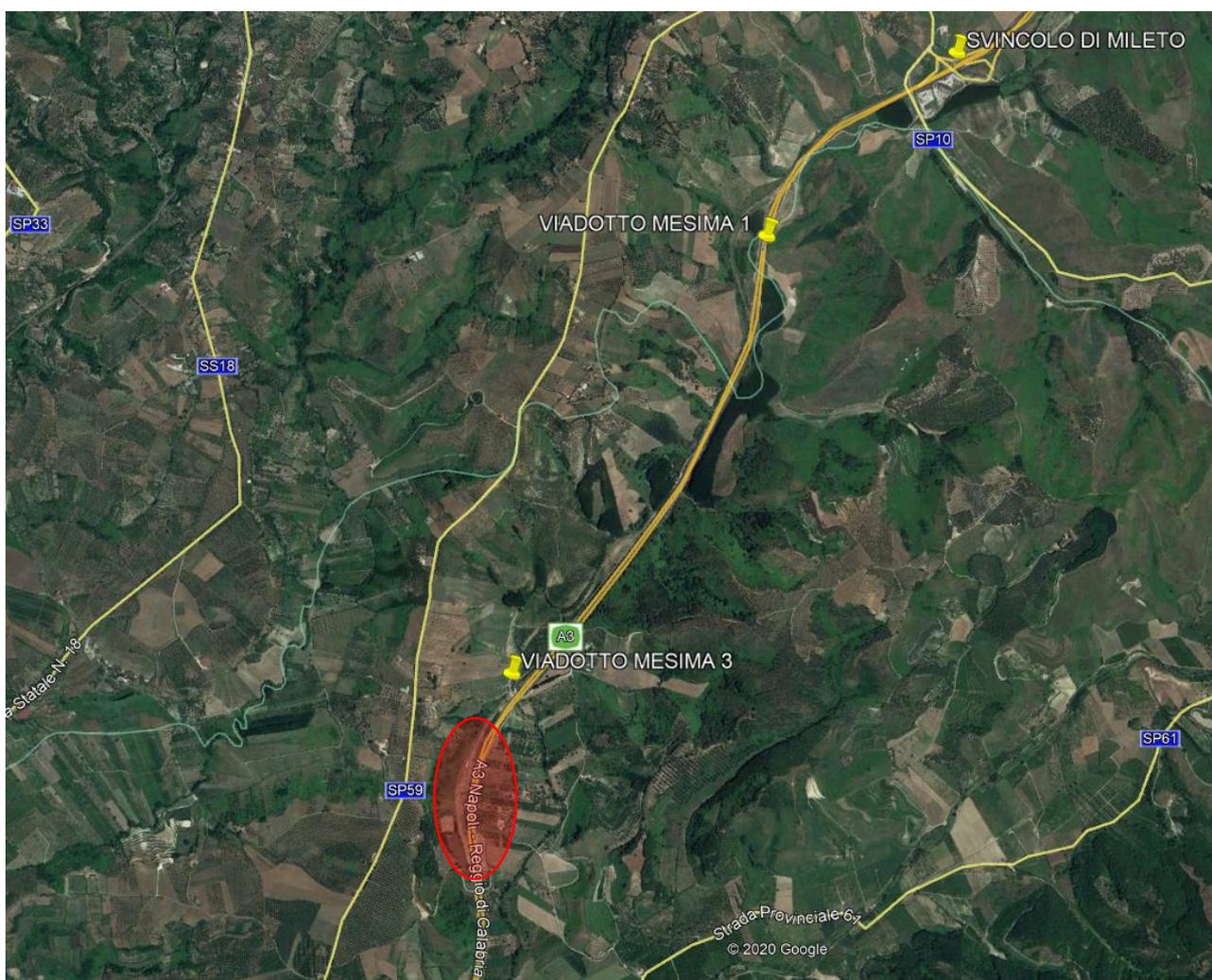


Figura 2.1 Rinaturalizzazione a monte del rilevato autostradale - Inquadramento su Ortofoto

La paratia di pali è ubicata lungo l'alveo nel tratto immediatamente a nord del viadotto *Mesima 3* ad una distanza di circa 4,5 km dallo svincolo di Mileto; essa è individuato su ortofoto nell'immagine seguente.

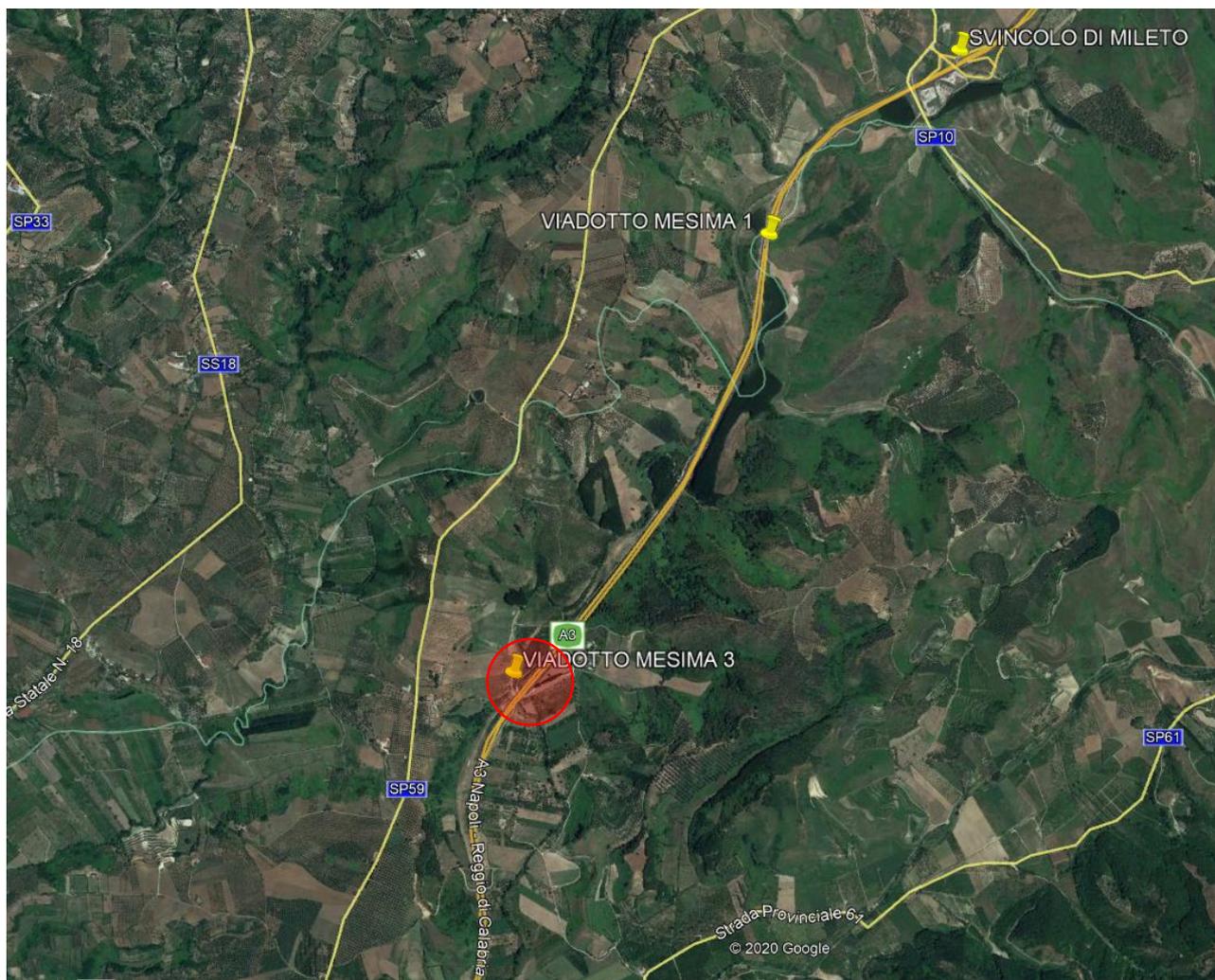


Figura 2.2 Inquadramento su Ortofoto

### 3 INTERVENTI IN CORRISPONDENZA DEL MESIMA3

#### 3.1 Rinaturalizzazione con deposito di materiale

L'intervento consiste nella rinaturalizzazione della vecchia area di sedime dell'autostrada dismessa e rimodellazione di una piccola parte del versante mediante deposito di materiale proveniente dagli scavi.

La ricarica di materiale sarà realizzata mediante stesa di strati successivi opportunamente compattati; il piede della sistemazione dista dal piede del rilevato della attuale sede autostradale circa 8 m. La geometria della ricarica prevede tratti in scarpata con pendenza 1 su 3,5 intervallati ogni 2 m di altezza da una banca orizzontale con fosso in terra trapezoidale; l'altezza massima della ricarica è di circa 8 m. Al di sopra della ricarica verrà eseguito un rinverdimento mediante idrosemina. Tra il rilevato stradale attuale e la ricarica di materiale è presente una cunetta trapezoidale collegata alla rete superficiale esistente in maniera tale da recapitare le acque meteoriche al Mesima.

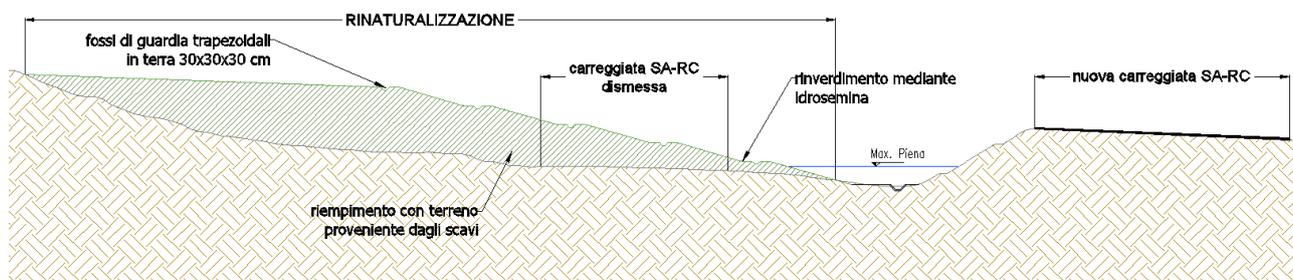


Figura 3.1 Rimodellazione del versante - Sezione di progetto

Si tiene a rimarcare che "la stabilizzazione" del versante nel suo complesso non è oggetto del presente progetto e che, quindi, le verifiche di stabilità condotte hanno carattere esclusivamente locale.

#### 3.2 Paratia di pali $\phi 800$

L'intervento consiste nella realizzazione di una paratia di pali  $\phi 800$  lungo la destra idraulica del fiume Mesima in adiacenza alla spalla lato RC della carreggiata dir. RC. La paratia è costituita da pali lunghi 16 m e presenta 3 ordini di tiranti fissati alla paratia mediante profilati metallici del tipo HEA 220. Per i dettagli dei tiranti e delle travi di ripartizione si rimanda ai capitoli successivi e ai disegni di dettaglio. La paratia presenta dei risvolti nei tratti iniziale e finale e un raccordo circolare centrale per uno sviluppo totale di circa 200 m.

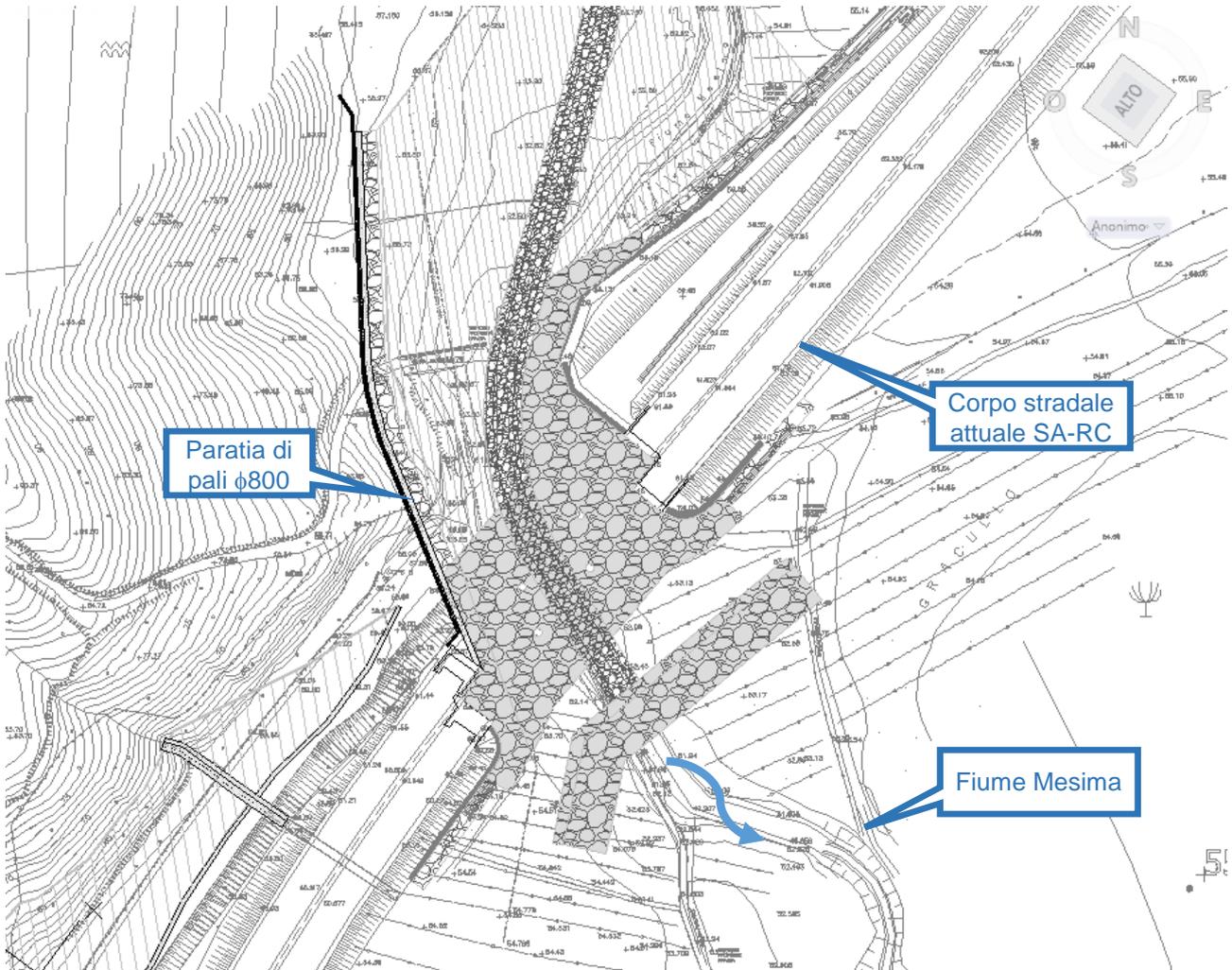


Figura 3.2 Ubicazione paratia di pali  $\phi 800$

Al piede della paratia sono presenti gabbioni metallici riempiti di pietrame; i primi due ordini sono completamente interrati (al di sotto del fondo alveo) mentre quelli fuori terra costituiscono un rivestimento di un tratto di paratia.

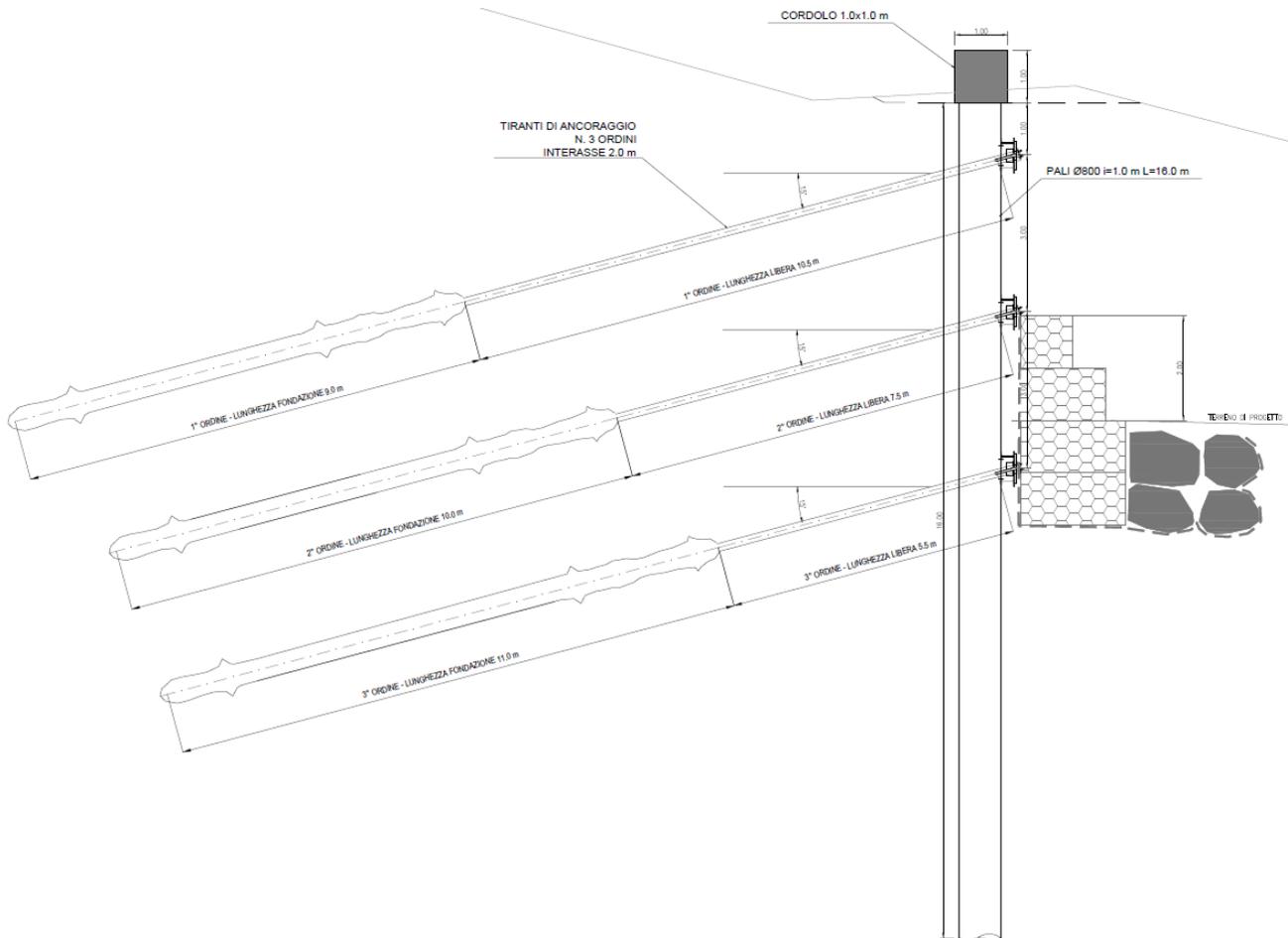


Figura 3.3 Paratia di pali - Sezione

Si tiene a rimarcare che “la stabilizzazione” del versante nel suo complesso non è oggetto del presente progetto e che, quindi, le verifiche di stabilità condotte hanno carattere esclusivamente locale.

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di permettere una caratterizzazione del sito in esame e ricostruire un modello geotecnico affidabile per il dimensionamento degli interventi previsti in situ secondo normativa di riferimento vigente è stata condotta una campagna di indagini geognostiche consistente in:

- n.2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n.3 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n.1 prove Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) in corrispondenza del sondaggio S4N
- prove penetrometriche standard SPT;
- analisi di laboratorio su campioni sia disturbati che non prelevati nel corso dei sondaggi;
- letture piezometriche.

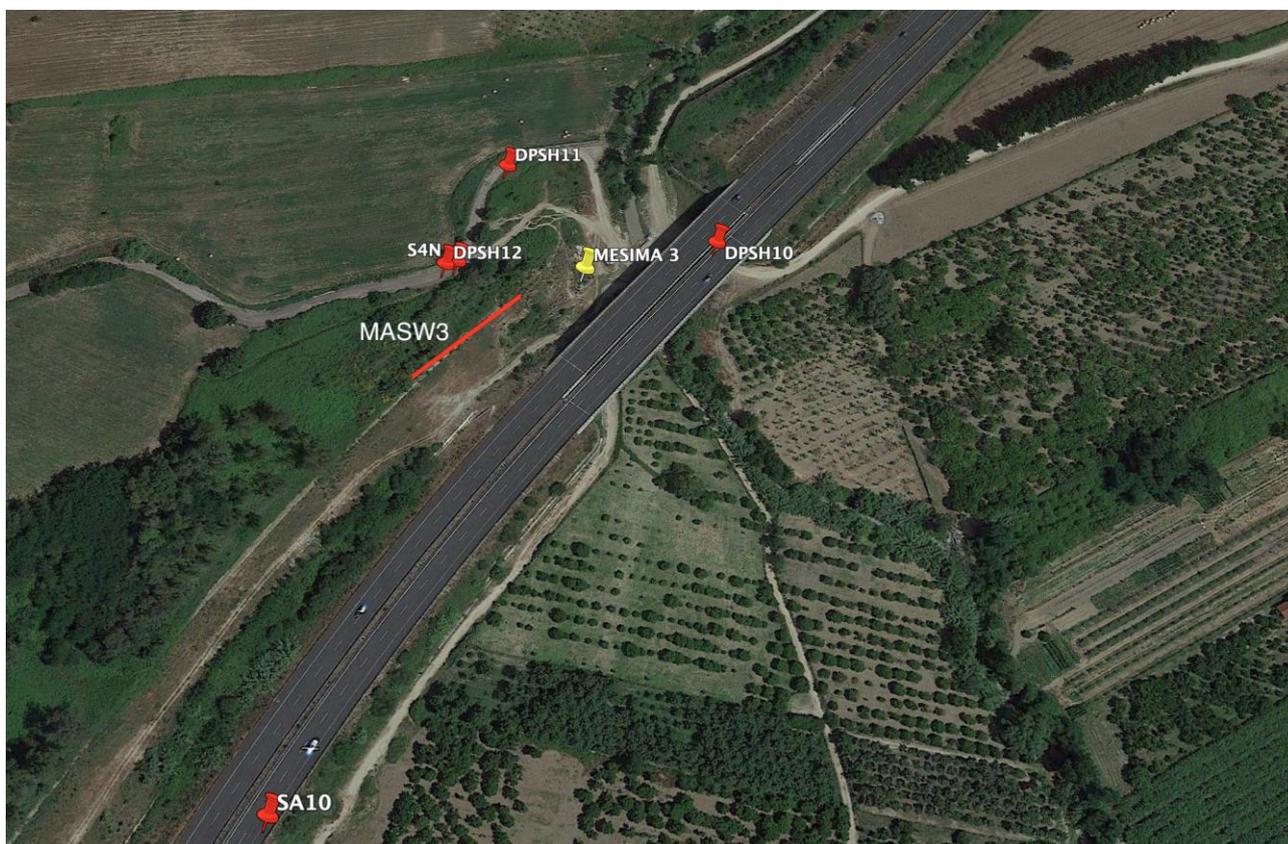


Figura 4.1 Disposizione planimetrica dei sondaggi

#### 4.1 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

Sono stati effettuati n2 sondaggi verticali a carotaggio continuo con prelievo del materiale estratto e catalogazione ordinata del materiale all'interno di apposite cassette catalogatrici. I sondaggi sono stati eseguiti con sistema a rotazione mediante sonda CMV 600. In appendice alla presente si mostrano le colonne stratigrafiche con descrizione visiva dei litotipi riscontrati e la documentazione fotografica del materiale estratto.

#### 4.2 Letture piezometriche

Il sondaggio S4N è stato dotato di piezometro per il rilevamento della quota di falda.

A seguire si mostrano i risultati ottenuti.

Dati del piezometro		Risultati	
		Data	Letture
Sondaggio	S4N		
Diametro	50.8 mm	03/07/19	-16.00 m
Tipo di piez.	tubo aperto		
Lunghezza tubo	30 m		
quota boccaforo	+68 m s.l.m.		

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

### 4.3 Prove SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite Prove Penetrometriche Dinamiche del tipo S.P.T. (Standard Penetration Test) secondo quanto indicato nelle "Raccomandazioni AGI, 1977".

L'attrezzatura impiegata è riassumibile come di seguito:

- campionatore Raymond;
- punta conica Ø 50,8 mm e angolo di punta pari 60°;
- massa battente del peso di 63,5 Kg;
- batteria di aste collegabili al campionatore aventi un peso di 6,5 Kg al metro lineare con un'oscillazione massima di 0,5 Kg/ml;
- dispositivo di guida e di sganciamento automatico del maglio all'altezza di 75 cm; centratore di guida disposto tra la testa di battuta ed il piano campagna;
- tubazione provvisoria di rivestimento con diametro interno superiore a quello esterno delle aste di un valore massimo di 6 cm.

La prova consiste nel far penetrare il campionatore posato in fondo al foro, per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi {N1,N2,N3}, ogni prova viene preceduta dalla pulizia del fondo foro. Con il primo tratto "di avviamento" si supera la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto compatto con N1 = 50 ed avanzamento minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa: la prova è dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977, e si annota la relativa penetrazione.

Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N2 e N3 (da 0,15 a 0,30 e da 0,30 a 0,45 m) fino ad un limite complessivo di 100 colpi (N2 + N3) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto. Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto, è definito come somma di N2 e N3 pari a N<sub>spt</sub> ed esprime il numero di colpi per 30 cm utili di penetrazione.

Nel caso dell'interpretazione dei risultati di prove penetrometriche standard (SPT) è disponibile una vastissima letteratura di correlazioni empiriche, che consente di determinare per via indiretta i parametri di resistenza al taglio, di deformabilità e di resistenza alla liquefazione di un terreno non coesivo. Nello specifico, per terreni a grana fina (sabbie fini, sabbie limose) e mista (elementi a grana grossa in matrice fina), in presenza di falda, i valori di NSPT da introdurre nelle relazioni empiriche di correlazione, si otterranno correggendo i valori di NSPT ottenuti dalla prova mediante l'espressione (Terzaghi e Peck, 1948):

$$N'_{SPT} = 15 + 0,5(N_{SPT} - 15)$$

La correzione è da applicarsi per valori di N<sub>SPT</sub> maggiori di 15.

La valutazione dell'angolo di resistenza a taglio (di picco)  $\varphi'$  è eseguita con riferimento alle seguenti correlazioni disponibili in letteratura:

$$\varphi' = \sqrt{15 N_{SPT} + 15}$$

*De Mello*

Progettisti: MSM INGEGNERIA S.r.l.		Pag.11 di 59
---------------------------------------	---	--------------

$$\varphi' = 0,3 N_{SPT} + 27$$

*Shioi Fukuni*

$$\varphi' = \tan^{-1} \left[ \frac{N_{SPT}}{12,2 + 20,3 \frac{\sigma'_v}{p_a}} \right]^{0,34} \quad p_a = 101,325 \text{ kPa} \quad \text{Metodo razionale}$$

Il valore della coesione non drenata per terreni a grana fina può essere valutato con la seguente espressione (Terzaghi e Peck, 1948):

$$c_u = 6,7 N_{SPT} \quad \text{Terzaghi e Peck (1948)}$$

Il modulo di elasticità in condizioni drenate, invece, è da valutare con le correlazioni riportate di seguito, in funzione del tipo di terreno da caratterizzare.

**Terreni a grana grossa** (Jamiolkowski et al., 1988)

Il modulo "operativo" può essere assunto pari a quello corrispondente a tensioni dell'ordine del 25% di quelle a rottura, valutabili come segue:

$$E' = E'_{25} = 100 * (10,5 - 3,5 * Dr) \times N_{SPT} \quad \text{per terreni normal consolidati [kPa]}$$

$$E' = E'_{25} = 100 * (52,5 - 3,5 * Dr) \times N_{SPT} \quad \text{per terreni sovraconsolidati [kPa]}$$

**Terreni a grana fina**

$$E' = N_{SPT} * 900 \quad [\text{kPa}]$$

Per il valore del modulo di elasticità in condizione non drenate (terreni a grana fine) è possibile ricorrere alla correlazione seguente (Stroud, 1989).

$$E_u = 100 * N_{SPT} * m \quad [\text{kPa}]$$

in cui il parametro m varia fra 6,3 e 10,4 (cautelativamente si assumerà m = 6,3).

Per il calcolo della densità relativa  $D_R$  (terreni a grana grossa o frazione grossa nei terreni a grana mista) si potranno infine impiegare le correlazioni seguenti.

$$D_R = \sqrt{\frac{N_{SPT}}{17 + 24 \times \frac{\sigma'_{v0}}{p_a}}} \quad \text{Gibbz e Holtz (1953,1957)}$$

$$D_R (\%) = \sqrt{\frac{C_N \times N_{SPT}}{n}} \quad c_N = \left( \frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,5} \quad \text{Kulhawy \& Mayne (1990)}$$

in cui il parametro n, variabile da circa 70 a circa 93, è stato valutato sulla base delle indicazioni di Kulhawy & Mayne in funzione dell'efficienza del sistema di battitura, assunta pari al 60% del diametro della perforazione eseguita e della profondità di esecuzione della prova.

Relazione descrittiva e di calcolo

$$D_R^2 = \frac{N_{30}}{20 \times (1 + 4,1 \times \sigma'_{v0})} \quad \sigma'_{v0} \leq 73,2 \text{ kPa} \quad \text{Bazaraa (1967)}$$

$$D_R^2 = \frac{N_{30}}{20 \times (3,24 + 1,024 \times \sigma'_{v0})} \quad \sigma'_{v0} > 73,2 \text{ kPa} \quad \text{Bazaraa (1967)}$$

In tabella a seguire i risultati ottenuti.

SONDAGGIO	PROFONDITA' PROVA [m]	CAMPIONATORE RAYMOND [R] O PUNTA CONICA [C]	PROFONDITA' FALDA [m]	TERRENO A GRANA GROSSA (G), FINE (F), MISTA (M)	OCR (indicare NC o SC)	NUMERO COLPI REGISTRATI			N <sub>60</sub> =N <sub>2</sub> +N <sub>3</sub> per punta cava N <sub>30</sub> =(N <sub>2</sub> +N <sub>3</sub> )X0,8 per punta conica	N30c corretto per presenza di falda solo in sabbie fini o sabbie limose	TENSIONE VERTICALE EFFICACE σ'v [kPa]				
						N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>							
S4N	2.5	C	16.0	M	NC	6	7	7	11	11	43				
S4N	5.5	C	16.0	M	NC	3	4	6	8	8	94				
S4N	8.5	C	16.0	M	NC	7	7	9	13	13	145				
S4N	15.0	C	16.0	M	NC	5	7	8	12	12	255				
S4N	21.0	C	16.0	M	NC	7	11	13	19	17	317				
SA10	1.8	C	4.5	G	NC	11	19	13	26	26	30				
SA10	3.2	C	4.5	G	NC	17	29	38	54	54	55				
SA10	4.7	C	4.5	G	NC	6	23	24	38	38	78				
SA10	6.2	C	4.5	F	NC	11	13	18	25	20	92				
SA10	7.7	C	4.5	F	NC	10	10	8	14	14	105				
SA10	9.2	C	4.5	F	NC	7	16	14	24	20	119				
SONDAGGIO	PROFONDITA' PROVA [m]	ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO DI PICCO				DENSITA' RELATIVA			MODULO DI ELASTICITA' DI YOUNG IN COND. DRENATE			MODULO DI YOUNG NON DRENATO (Stroud, 1989)	COESIONE NON DRENATA (Terzaghi e Peck, 1948)		
		Metodo 1 (De Melio, 1971)	Metodo 2 (Shioi e Fukumi, 1982)	Metodo 3 (Schmertmann, 1975)	MEDIA	Metodo 1 (Bazaraa, 1967)	Metodo 2 (Gibbs e Holtz, 1953)	Metodo 3 (Kulhawy e Mayne, 1990)	MEDIA	Metodo 1 (grana grossa o mista (Janickowski, 1988))	Metodo 2 (grana grossa o mista (Shultz e Stroud, 1989))			Metodo 3 (grana fine o mista (Stroud, 1989))	MEDIA
		e' [°]	e' [°]	e' [°]	e' [°]	D <sub>r</sub> [-]	D <sub>r</sub> [-]	D <sub>r</sub> [-]	D <sub>r</sub> [-]	E' [kPa]	E' [kPa]	E' [kPa]	E' [kPa]	E <sub>u</sub> [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]
S4N	2.5	28	30	39	32	0.45	0.64	0.46	0.52	9.72E+03	1.35E+04	1.01E+04	1.11E+04	7.06E+04	75
S4N	5.5	26	29	32	29	0.31	0.45	0.32	0.36	7.39E+03	1.18E+04	7.20E+03	8.80E+03	5.04E+04	54
S4N	8.5	29	31	34	31	0.37	0.50	0.37	0.41	1.16E+04	1.44E+04	1.15E+04	1.25E+04	8.06E+04	86
S4N	15.0	28	31	30	30	0.32	0.39	0.31	0.34	1.12E+04	1.39E+04	1.08E+04	1.20E+04	7.56E+04	80
S4N	21.0	31	32	31	31	0.36	0.43	0.35	0.38	1.57E+04	1.66E+04	1.54E+04	1.59E+04	1.08E+05	115
SA10	1.8	35	35	48	39	0.76	1.03	0.77	0.85	1.93E+04	2.11E+04	-	2.02E+04	-	-
SA10	3.2	43	43	53	46	0.91	1.34	0.95	1.00	3.75E+04	3.59E+04	-	3.67E+04	-	-
SA10	4.7	39	38	48	42	0.68	1.03	0.73	0.81	2.88E+04	2.74E+04	-	2.81E+04	-	-
SA10	6.2	32	33	41	35	-	-	-	-	-	-	1.79E+04	1.79E+04	1.25E+05	133
SA10	7.7	30	31	37	33	-	-	-	-	-	-	1.30E+04	1.30E+04	9.07E+04	96
SA10	9.2	32	33	39	35	-	-	-	-	-	-	1.76E+04	1.76E+04	1.23E+05	131

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

#### 4.4 Prove DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche dpsh sono prove geotecniche puntuali e consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio.

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche dpsh scpt sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno e fornendo una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

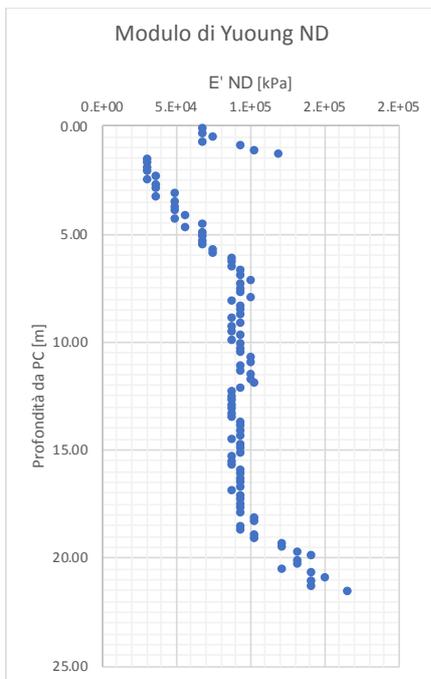
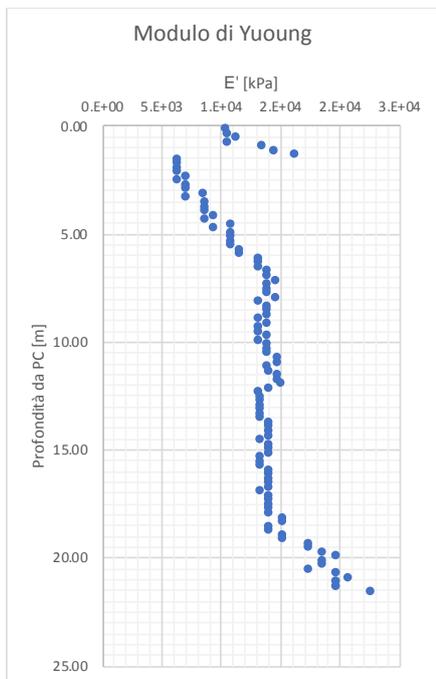
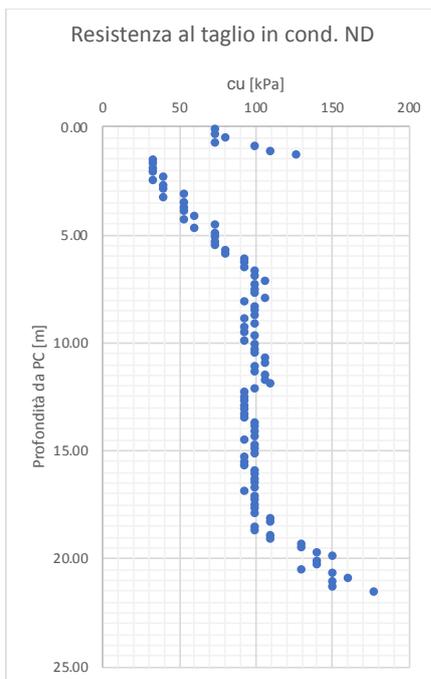
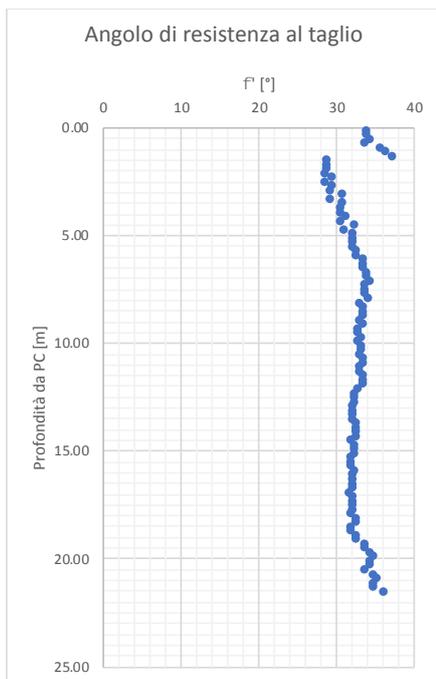
La prova restituisce il numero di colpi necessari all'avanzamento standard pari a 20 cm. Al fine di elaborare i risultati ottenuti è stata utilizzata la relazione seguente proposta dagli autori LaCroiz & Horn (1973) che permette di risalire al valore equivalente  $N_{SPT}$  e quindi procedendo alle elaborazioni descritte al paragrafo precedente ed a seguire presentate in diagrammi.

$$N_{SPT} = \frac{W H}{6.2 D^2 L} N \quad \text{LaCroiz \& Horn (1973)}$$

In cui  $W$  è il peso del maglio in kg,  $H$  è l'altezza di caduta in cm,  $D$  è il diametro del cono in  $cm^2$   $L$  è la penetrazione standard in cm ed  $N$  è il numero di colpi registrato all' $i$ -esima profondità.

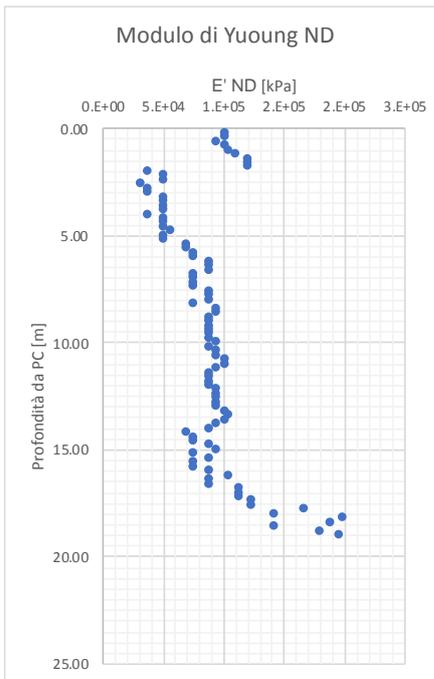
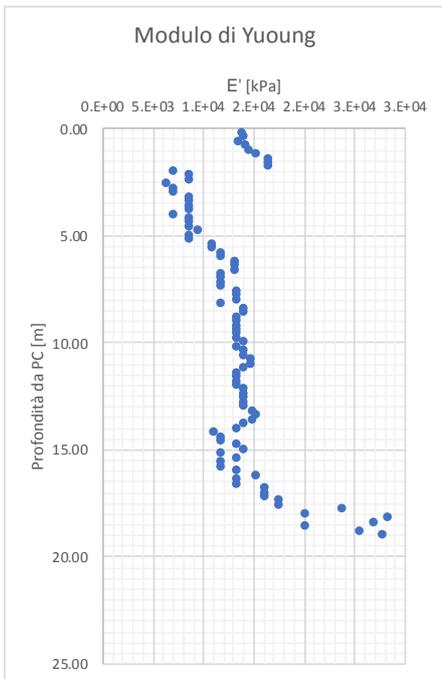
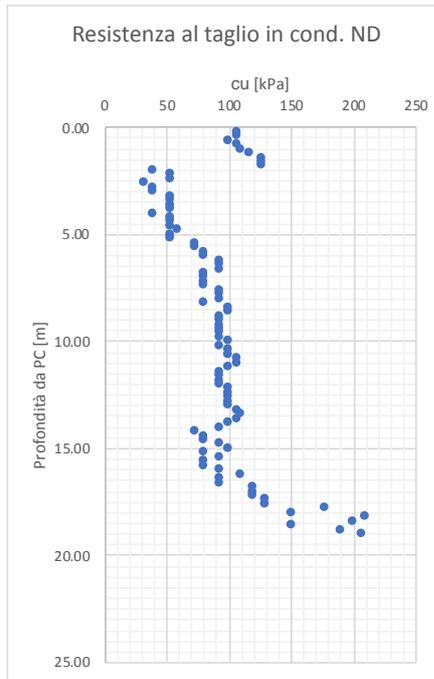
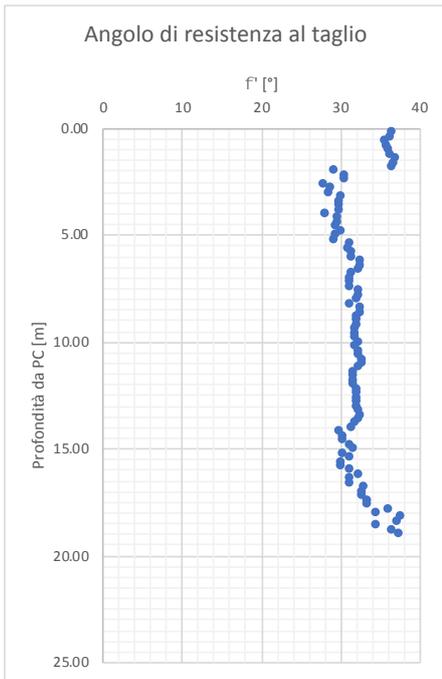
**Caratteristiche di prova**

prova **DPSH10** denominazione della prova  
 $\varnothing$  [cm] **5.05** diametro del cono  
W [kg] **63.5** peso del maglio  
H [cm] **75** altezza di caduta  
L [cm] **20** penetrazione standard  
hw [m] **0.0** profondità della falda da PC



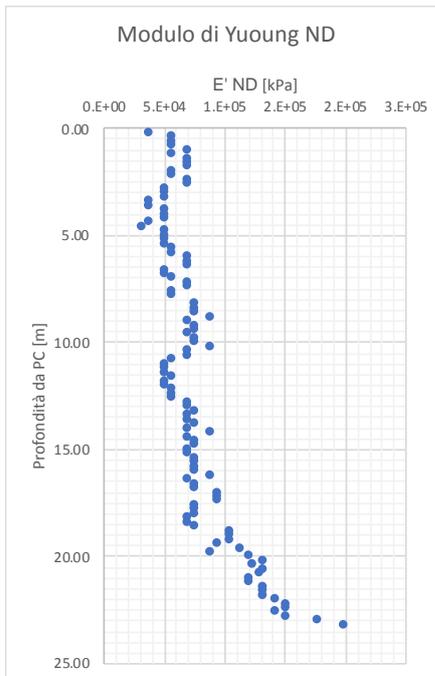
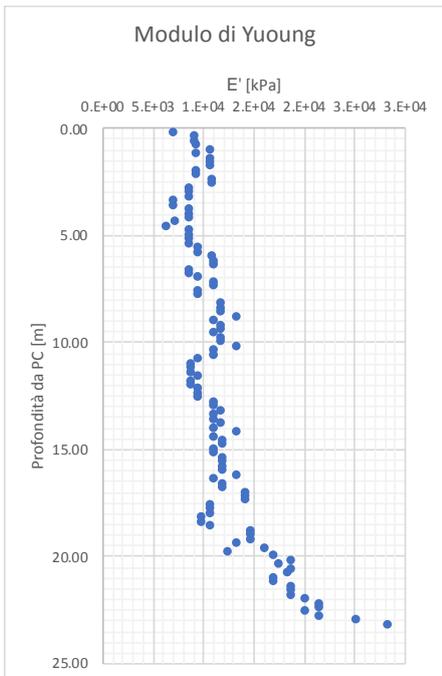
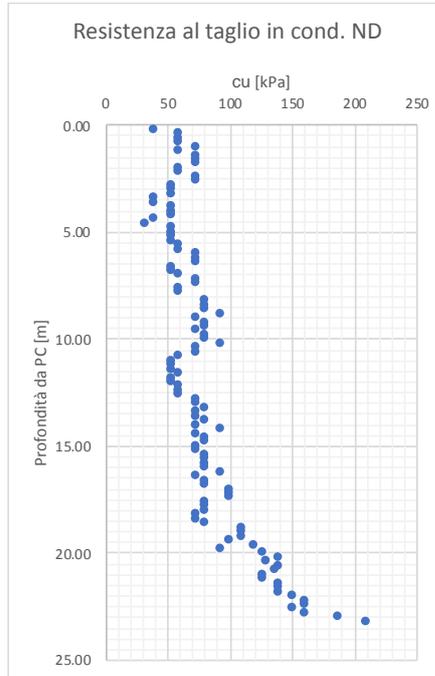
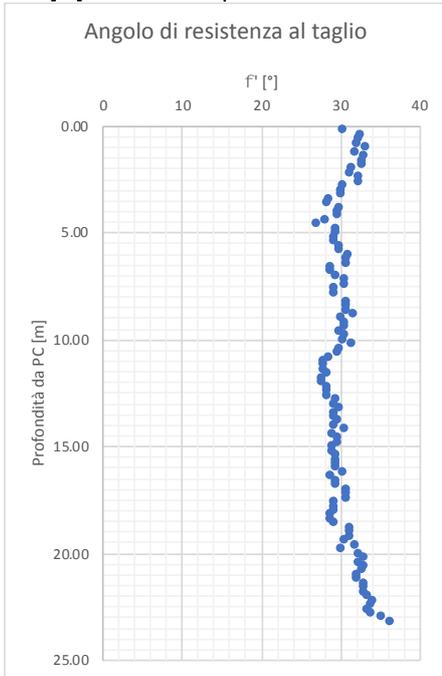
**Caratteristiche di prova**

prova **DPSH11** denominazione della prova  
 $\varnothing$  [cm] **5.05** diametro del cono  
W [kg] **63.5** peso del maglio  
H [cm] **75** altezza di caduta  
L [cm] **20** penetrazione standard  
hw [m] **6.0** profondità della falda da PC



**Caratteristiche di prova**

prova **DPSH12** denominazione della prova  
 $\varnothing$  [cm] **5.05** diametro del cono  
W [kg] **63.5** peso del maglio  
H [cm] **75** altezza di caduta  
L [cm] **20** penetrazione standard  
hw [m] **16.0** profondità della falda da PC



	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

## 4.5 Prove MASW

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente.

L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali ( $v_s$ ) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico. L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono: l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo.

Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento. Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio ( $v_s$ ), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume ( $v_p$ ).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh, a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Le Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing. In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) in funzione della profondità ed il calcolo della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità definita dall'espressione seguente (§3.2.2 delle NTC 2018):

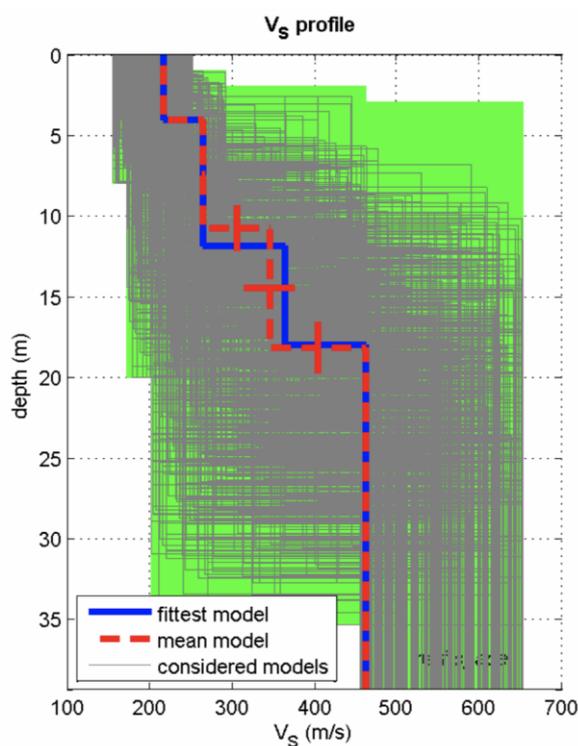
Progettisti: MSM INGEGNERIA S.r.l.		Pag.18 di 59
---------------------------------------	---	--------------

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali della PASI di Torino, modello 16SG24, con processore Pentium IV, display VGA a colori in LCD-TFT 10.4" TouchScreen, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento dei dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ad opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione. I guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Sono stati 24 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

Per quanto concerne la stesa MASW 3, gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una Vs30 (al piano campagna) pari a **329 m/sec** individuando, insieme alle valutazioni litologiche, per il sito in esame un **suolo C** (§3.2.2 delle NTC 2018).

Di seguito si riportano i risultati delle prove eseguite.



dataset: mes3-10.DAT  
 dispersion curve: mes-3.cdp  
 Vs30 (best model): 329 m/s  
 Vs30 (mean model): 329 m/s

Figura 4.2 Profili indagine MASW1

## 4.6 Prove di laboratorio

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni di tipo disturbato e non, quindi portati in laboratorio dove sono state condotte delle analisi propedeutiche alla caratterizzazione fisico meccanica dei materiali.

A seguire si riporta un quadro generale dei campioni prelevati e relative prove cui sono stati sottoposti.

sondaggio	Campione	Tipo	Prof. [m]	Unità geot.	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n	w <sub>n</sub> [%]	Analisi granulom.	Limi di Atterberg	TD	ELL	ED
S4N	T13	CR	2.8	SA	-	•	-	•	•	•	-	-	-
SA10	SPT3	CR	4.5	SG	•	•	•	•	•	•	-	-	-
S4N	T8	IND	5.3	SA	•	•	•	•	•	•	•	•	-
S4N	T14	CR	5.7	SA	-	•	-	•	•	•	-	-	-
S4N	T15	CR	8.5	LAs	-	•	-	•	•	•	-	-	-
S4N	T9	IND	10.3	LAs	•	•	•	•	•	•	•	•	•
S4N	T16	CR	15.2	SA	-	•	-	•	•	•	-	-	-
S4N	T10	IND	18.3	LAs	•	•	•	•	•	•	•	•	-
S4N	T11	IND	20.8	LAs	•	•	•	•	•	•	-	•	-
S4N	T17	CR	21.2	LAs	-	•	-	•	•	•	-	-	-
S4N	T12	IND	25.3	LAs	•	•	•	•	•	•	-	-	-

### 4.6.1 Analisi granulometriche

sondaggio	Campione	Tipo	Prof. [m]	Unità geot.	Ghiaia [%]	Sabbia [%]	Limo [%]	Argilla [%]	denominazione
S4N	T13	CR	2.8	SA	0.00	48.56	22.67	28.77	Sabbia con argilla limoso
SA10	SPT3	CR	4.5	SG	23.00	70.00	7.00	0.00	Sabbia ghiaiosa debolmente limosa
S4N	T8	IND	5.3	SA	0.00	38.87	30.41	30.72	Sabbia con argilla con limo
S4N	T14	CR	5.7	SA	0.00	38.70	25.97	35.33	Sabbia e argilla con limo
S4N	T15	CR	8.5	LAs	0.00	21.79	46.03	32.18	Limo con argilla sabbioso
S4N	T9	IND	10.3	LAs	0.00	21.81	49.10	29.09	Limo con argilla sabbioso
S4N	T16	CR	15.2	SA	0.00	57.45	18.47	24.08	Sabbia argillosa limosa
S4N	T10	IND	18.3	LAs	0.00	20.58	49.98	29.34	Limo con argilla sabbioso
S4N	T11	IND	20.8	LAs	0.00	20.70	48.74	30.56	Limo con argilla sabbioso
S4N	T17	CR	21.2	LAs	0.00	21.79	46.03	32.18	Limo con argilla sabbioso
S4N	T12	IND	25.3	LAs	0.00	22.04	47.07	30.89	Limo con argilla sabbioso

### 4.6.2 Caratterizzazione fisica

sondaggio	Campione	Tipo	Prof. [m]	Unità geot.	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>n</sub> [%]
S4N	T13	CR	2.8	SA	-	26.7	-	-	-	22
SA10	SPT3	CR	4.5	SG	19.7	26.0	0.30	18.3	21.3	8
S4N	T8	IND	5.3	SA	18.8	26.6	0.45	14.5	19.0	30
S4N	T14	CR	5.7	SA	-	26.5	-	-	-	28
S4N	T15	CR	8.5	LAs	-	26.4	-	-	-	33
S4N	T9	IND	10.3	LAs	19.0	26.4	0.45	14.5	19.0	31
S4N	T16	CR	15.2	SA	-	26.6	-	-	-	28
S4N	T10	IND	18.3	LAs	18.2	26.3	0.48	13.7	18.5	33
S4N	T11	IND	20.8	LAs	19.2	26.4	0.44	14.9	19.3	29
S4N	T17	CR	21.2	LAs	-	26.4	-	-	-	33
S4N	T12	IND	25.3	LAs	19.3	26.5	0.42	15.3	19.5	26

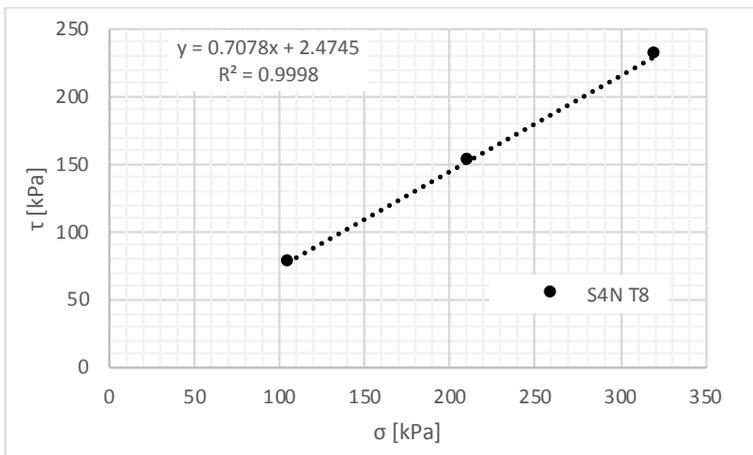
#### 4.6.3 Limiti di Atterberg

sondaggio	Campione	Tipo	Prof. [m]	Unità geot.	w <sub>p</sub> [%]	w [%]	w <sub>l</sub> [%]	I <sub>p</sub> [%]	I <sub>L</sub>	I <sub>c</sub>	Tipo di Consistenza
S4N	T13	CR	2.8	SA	22	36	23	13	-0.07	1.07	poco plastico, stato semisolido, solido
SA10	SPT3	CR	4.5	SG	8	ND	ND	NP	-	-	non plastico
S4N	T8	IND	5.3	SA	30	35	21	14	0.62	0.38	poco plastico, stato plastico, molle plastico
S4N	T14	CR	5.7	SA	28	35	22	13	0.50	0.50	poco plastico, stato plastico, molle plastico
S4N	T15	CR	8.5	LAs	33	32	26	6	1.18	-0.18	poco plastico, stato liquido, fluido
S4N	T9	IND	10.3	LAs	31	31	25	6	1.01	-0.01	poco plastico, stato liquido, fluido
S4N	T16	CR	15.2	SA	28	37	26	11	0.17	0.83	poco plastico, stato plastico, solido plastico
S4N	T10	IND	18.3	LAs	33	39	26	13	0.55	0.45	poco plastico, stato plastico, molle plastico
S4N	T11	IND	20.8	LAs	29	38	24	14	0.35	0.65	poco plastico, stato plastico, plastico
S4N	T17	CR	21.2	LAs	33	32	26	6	1.18	-0.18	poco plastico, stato liquido, fluido
S4N	T12	IND	25.3	LAs	26	39	27	12	-0.09	1.09	poco plastico, stato semisolido, solido

#### 4.6.4 Prove di taglio diretto

##### Campione S4N T8

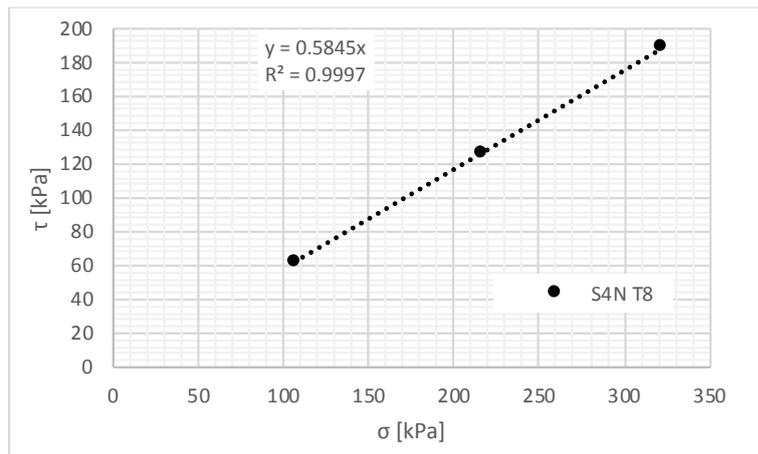
Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T8	5.25	indist.	prova 1	18.4	100.0	0.36	73.70	2.83	0.27	104.94	77.34
				prova 2	18.5	200.0	0.72	142.80	3.25	0.51	211.46	150.99
				prova 3	18.4	300.0	1.08	215.20	3.80	0.77	320.30	229.76



a            0.71    tangente interpolazione lineare  
 b            2.47    intercetta interpolazione lineare  
 $\phi'$  [°]       35    angolo di resistenza al taglio  
 c' [kPa]      2    coesione intercetta

##### Prova di taglio residuo

Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T8	5.25	indist.	prova 1	18.4	100.0	0.36	57.40	3.62	0.21	106.42	61.09
				prova 2	18.5	200.0	0.72	116.30	4.69	0.42	216.96	126.16
				prova 3	18.4	300.0	1.08	176.10	4.04	0.63	321.65	188.81



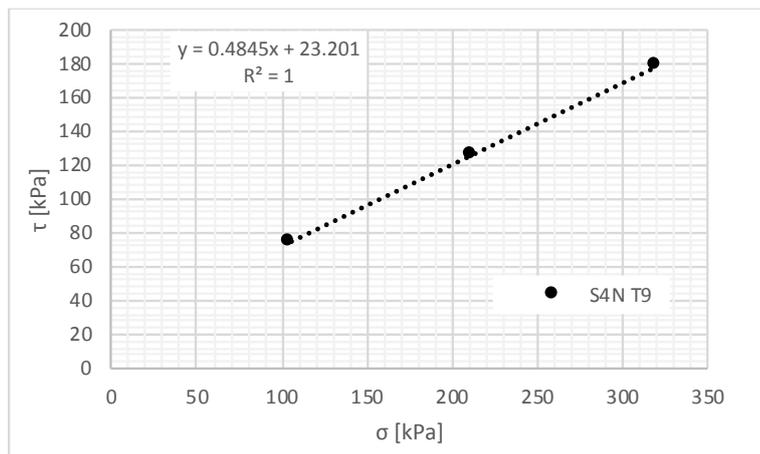
a            0.58    tangente interpolazione lineare  
 $\phi'$ , [°]       30    angolo di resistenza al taglio

**Relazione descrittiva e di calcolo**

**Campione S4N T9**

**Prova di taglio diretto**

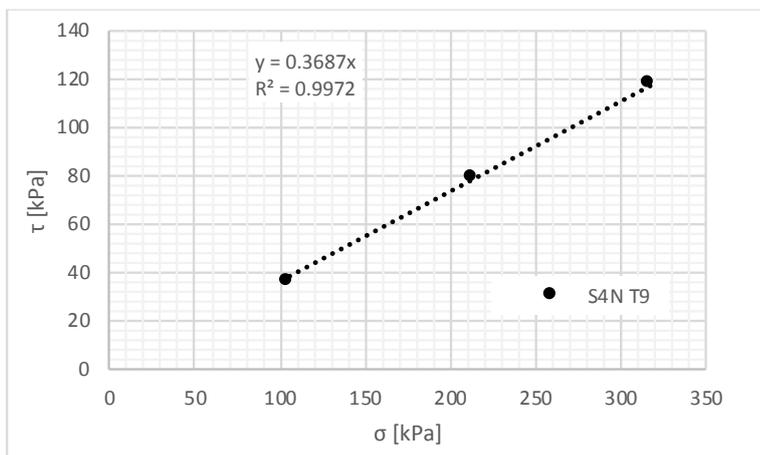
Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T9	10.25	indist.	prova 1	18.6	100.0	0.36	70.60	3.10	0.25	105.45	74.45
				prova 2	18.6	200.0	0.72	118.50	3.36	0.43	211.85	125.52
				prova 3	18.2	300.0	1.08	167.30	3.60	0.60	319.13	177.97



a            0.48    tangente interpolazione linear  
 b            23.20    intercetta interpolazione linear  
 $\phi'$  [°]       25        angolo di resistenza al taglio  
 c' [kPa]     23        coesione intercetta

**Prova di taglio residuo**

Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T9	10.25	indist.	prova 1	18.6	100.0	0.36	34.10	3.01	0.12	105.29	35.90
				prova 2	18.6	200.0	0.72	73.80	3.66	0.27	212.98	78.59
				prova 3	18.2	300.0	1.08	111.50	3.34	0.40	317.66	118.06

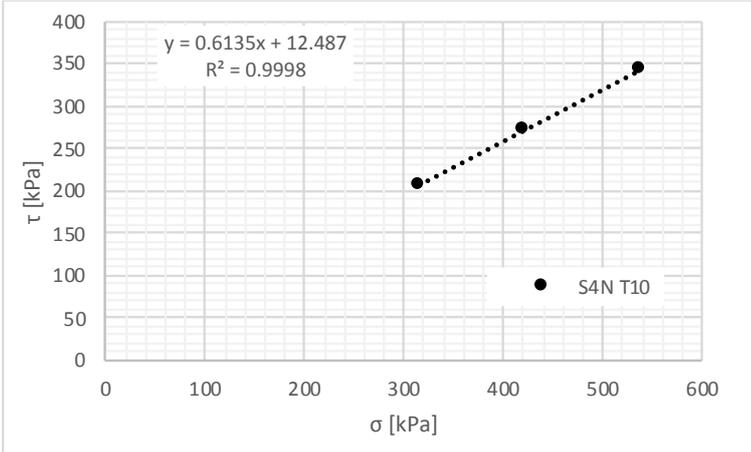


a            0.37    tangente interpolazione linear  
 $\phi'$ , [°]       20        angolo di resistenza al taglio

**Campione S4N T10**

**Prova di taglio diretto**

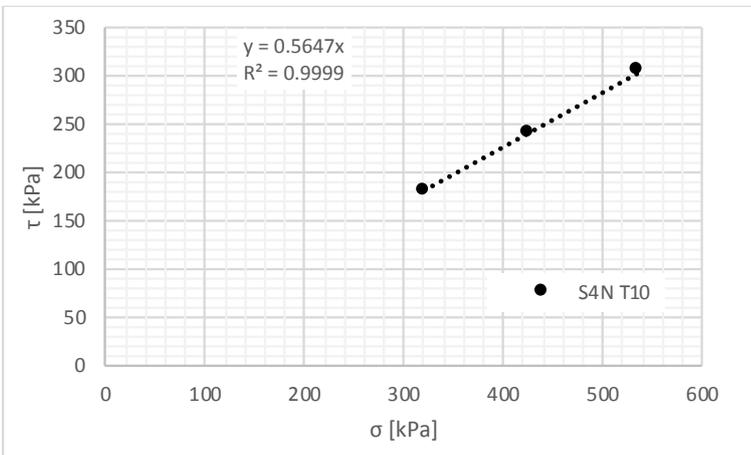
Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T10	18.25	indist.	prova 1	17.5	300.0	1.08	195.30	3.04	0.70	316.02	205.73
				prova 2	18.0	400.0	1.44	258.40	2.90	0.93	420.29	271.51
				prova 3	18.0	500.0	1.80	317.80	4.41	1.14	539.66	343.01



a            0.61    tangente interpolazione lineare  
 b            12.49    intercetta interpolazione lineare  
 $\phi'$  [°]       31        angolo di resistenza al taglio  
 c' [kPa]     12        coesione intercetta

**Prova di taglio residuo**

Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{tp}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T10	18.25	indist.	prova 1	17.5	300.0	1.08	168.50	3.77	0.61	320.10	179.79
				prova 2	18.0	400.0	1.44	226.10	3.67	0.81	426.09	240.85
				prova 3	18.0	500.0	1.80	282.70	4.13	1.02	536.96	303.60

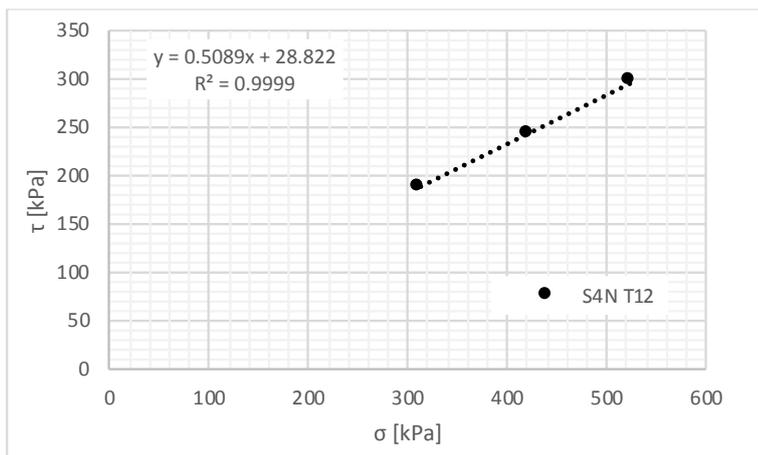


a            0.56    tangente interpolazione lineare  
 $\phi'_r$  [°]       29        angolo di resistenza al taglio

### Campione S4N T12

#### Prova di taglio diretto

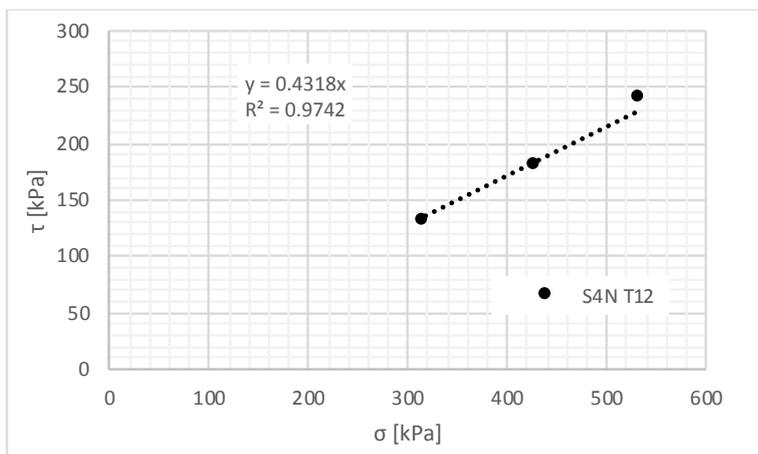
Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{np}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T12	25.25	indist.	prova 1	19.0	300.0	1.08	180.60	2.44	0.65	312.70	188.24
				prova 2	18.9	400.0	1.44	230.40	2.93	0.83	420.52	242.22
				prova 3	18.9	500.0	1.80	282.20	2.82	1.02	524.67	296.12



a 0.51 tangente interpolazione lineare  
 b 28.82 intercetta interpolazione lineare  
 $\phi'$  [°] 26 angolo di resistenza al taglio  
 c' [kPa] 28 coesione intercetta

#### Prova di taglio residuo

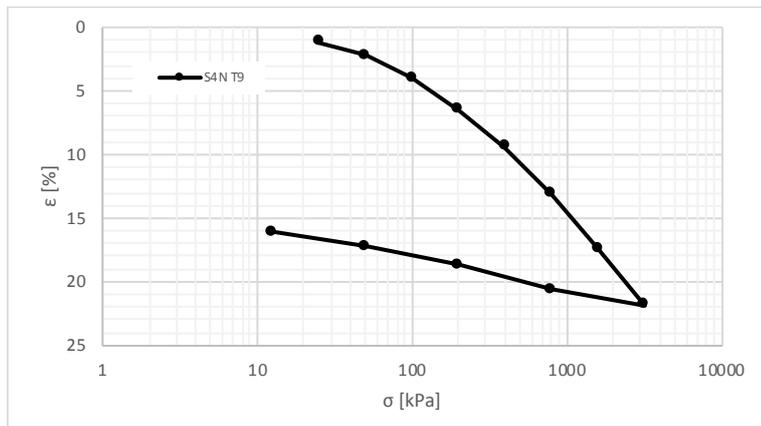
Sondaggio	Campione	prof. [m]	Tipo di campione	ID prova	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_i$ [kPa]	$F_v$ [kN]	$\tau_p$ [kPa]	$\delta_p$ [mm]	$F_{np}$ [kN]	$\sigma_p$ [kPa]	$\tau_{p,adj}$ [kPa]
S4N	T12	25.25	indist.	prova 1	19.0	300.0	1.08	123.30	3.25	0.44	317.20	130.37
				prova 2	18.9	400.0	1.44	167.20	4.14	0.60	429.63	179.59
				prova 3	18.9	500.0	1.80	224.00	3.87	0.81	534.46	239.44



a 0.43 tangente interpolazione lineare  
 $\phi'_r$  [°] 23 angolo di resistenza al taglio

#### 4.6.5 Prove di compressione edometrica

Sondaggio	Campione	Falda	prof. [m]	Tipo	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n	$e_0$	$\sigma$ [kPa]	DI [mm/100]	$\varepsilon$ [%]	$E_{ed}$ [Mpa]	$\sigma_{ref}$ [kPa]	$E_{ed}$ [MPa]
S4N	T9	no	10.25	indist.	18.02	13.76	0.47	0.89	25.0	24	1.2	-	185	6.00
									50.0	43	2.2	2.5		
									100.0	80	4.0	2.7		
									200.0	129	6.5	4.1		
									400.0	188	9.4	6.8		
									800.0	263	13.2	10.7		
									1600.0	348	17.4	18.8		
									3200.0	438	21.9	35.8		
									800.0	413	20.6			
									200.0	374	18.7			
									50.0	345	17.2			
									12.5	322	16.1			



#### 4.6.6 Riepilogo prove di caratterizzazione meccanica

A seguire si mostra un riepilogo delle prove di laboratorio relativamente alla caratterizzazione meccanica dei campioni elaborate ai paragrafi precedenti e con inclusi i risultati delle prove di compressione ELL cui si ricava la resistenza in condizioni non drenate.

sondaggio	Campione	Tipo	Prof. [m]	Unità geot.	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$E_{ed}$ [MPa]	$\phi'_r$ [°]
S4N	T13	CR	2.8	SA	-	-	-	-	-
SA10	SPT3	CR	4.5	SG	-	-	-	-	-
S4N	T8	IND	5.3	SA	35	2	39	-	30
S4N	T14	CR	5.7	SA	-	-	-	-	-
S4N	T15	CR	8.5	LAs	-	-	-	-	-
S4N	T9	IND	10.3	LAs	25	23	86	6	20
S4N	T16	CR	15.2	SA	-	-	-	-	-
S4N	T10	IND	18.3	LAs	31	12	78	-	29
S4N	T11	IND	20.8	LAs	-	-	78	-	-
S4N	T17	CR	21.2	LAs	-	-	-	-	-
S4N	T12	IND	25.3	LAs	26	28	61	-	23

## 5 VERIFICHE DI STABILITÀ SULLA COLMATA DI RIEMPIMENTO

### 5.1 Caratterizzazione Geotecnica

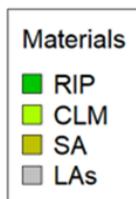
In relazione ai risultati ottenuti dalle prove in situ ed in laboratorio è possibile definire le seguenti macro unità geotecniche di riferimento per la costruzione del modello geotecnico di calcolo:

- SA sabbie e argilla, sabbie con argilla con presenza di limo costituente il deposito fluviale
- LAs Limi con argille, costituente il substrato
- RIP terreno di riporto, costituente il rilevato autostradale
- CLM colmata, materiale costituente la colmata di riporto di progetto

A seguire si mostra la caratterizzazione fisico – meccanica di progetto delle unità geotecniche identificate

#### Unità geotecnica

RIP	rilevato stradale
CLM	colmata
SA	sabbie con argille limose
LAs	Limi con argille sabbiosi



U.G.	$\gamma_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E'$ [MPa]	n	$E_{ed}$ [MPa]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	k [m/s]	k [m/d]
RIP	26.0	0.30	18.2	21.2	20.0	0.26	24.6	40	0	1.0E-04	8.6E+00
CLM	27.0	0.42	15.7	19.9	3.0	0.37	5.2	25	0	1.0E-06	8.6E-02
SA	26.6	0.45	14.6	19.1	5.0	0.33	7.5	30	0	5.0E-06	4.3E-01
LAs	26.4	0.46	14.3	18.9	10.0	0.37	17.3	25	20	1.0E-07	8.6E-03

### 5.2 Modello Geotecnico Di Calcolo

Nelle figure sottostanti, si mostrano i modelli di calcolo utilizzati per le verifiche espone nei paragrafi a seguire. Saranno eseguite verifiche di sicurezza in condizioni statiche e sismiche nelle condizioni di magra (Falda 1), considerata al piede della ricarica; sarà inoltre verificata la condizione statica associata al passaggio della piena duecentennale del fiume Mesima associata ad un ulteriore innalzamento della falda nel nuovo rilevato a causa dell'evento di pioggia intensa associato alla piena (Falda 2).

Il rilevato autostradale attualmente in esercizio non è oggetto di verifica di stabilità in quanto l'argomento esula dalle finalità del presente progetto.

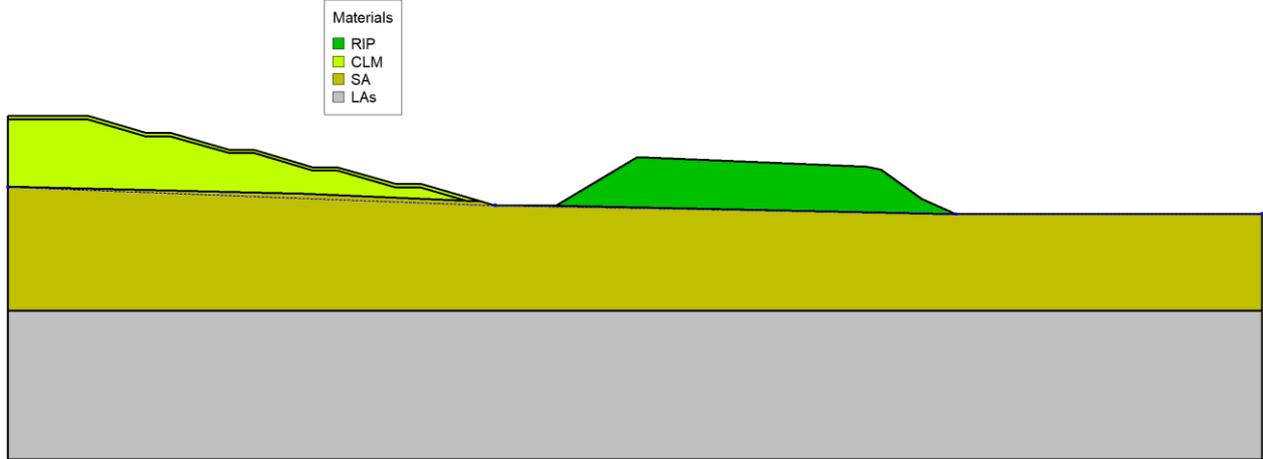


Figura 5.1 modello geotecnico di calcolo in condizioni di magra (Falda 1)

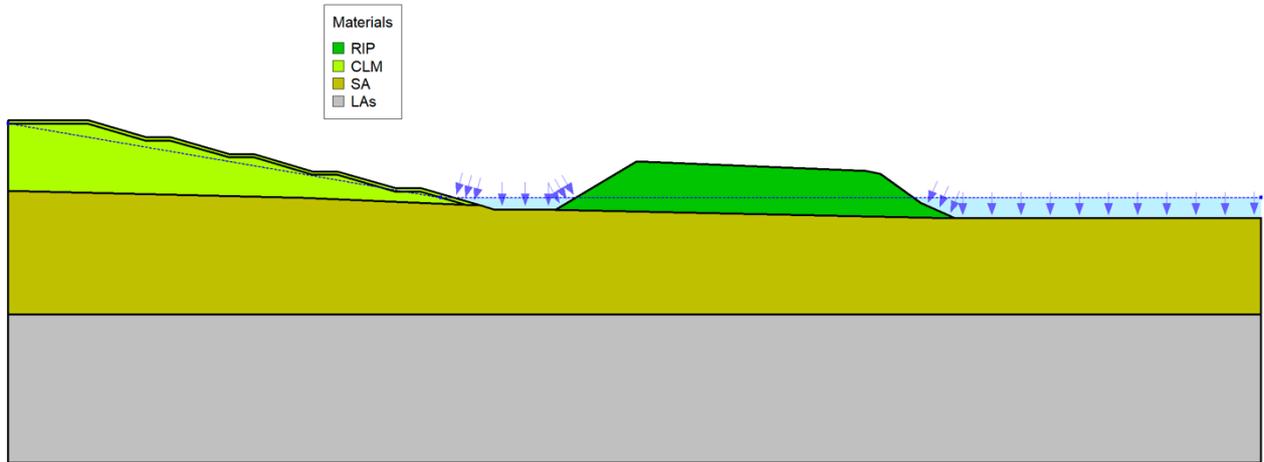


Figura 5.2 modello geotecnico di calcolo in condizioni di piena duecentennale (Falda 2)

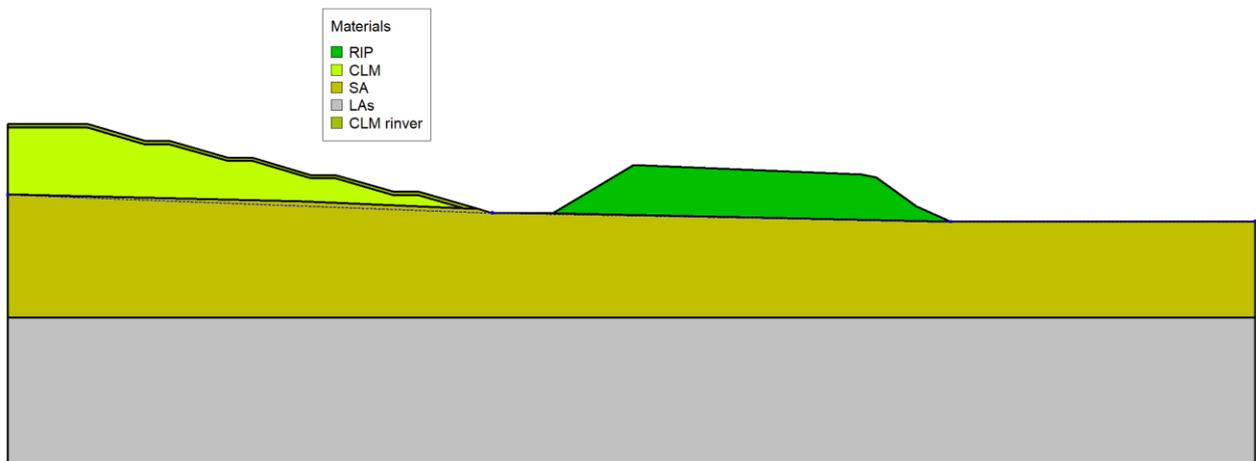


Figura 5.3 modello geotecnico di calcolo per verifiche sismiche in condizioni di magra (Falda 1)

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

Il modello di calcolo utilizzato per le verifiche statiche in condizioni sismiche e falda 1 prevede una coesione intercetta pari a 5 kPa per una fascia di 40 cm della colmata in relazione all'inerbimento previsto mediante idrosemina superficiale.

## 5.3 Caratterizzazione sismica e coefficienti sismici di progetto

### 5.3.1 Valutazione del livello di pericolosità sismica atteso sull'opera

La valutazione della pericolosità sismica attesa su un manufatto, finalizzata alla valutazione dell'azione sismica di progetto su esso, secondo il §3.2 delle NTC 2018 è funzione del tipo di Stato limite oggetto della valutazione, delle caratteristiche di vita nominale e d'uso del manufatto stesso nonché della tipologia di suolo su cui esso è fondato.

La valutazione del set di accelerazioni attese per i vari Stati limite di riferimento, in funzione della pericolosità del sito, è effettuata attraverso il software Spettri di risposta (ver. 1.03) del CSLLPP. I parametri utilizzati per il calcolo delle accelerazioni massime orizzontali attese al sito sul suolo di riferimento rigido sono i seguenti:

Latitudine	38.534499°
Longitudine	16.054717°
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso	2
Vita di riferimento	100 anni
categoria sottosuolo	C
categoria topografica	T1

Nelle calcolazioni a seguire, per le verifiche progettuali si farà riferimento ai seguenti stati limite:

- SLV**, Stato limite di salvaguardia della vita utilizzato per le verifiche in condizioni sismiche allo stato limite ultimo, in cui a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

stato limite	SLV	stato limite di riferimento
ag/g	0.357	accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale
$F_0$	2.468	amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido
$T_c^*$ [s]	0.390	coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (cfr. Tab 3.2.IV NTC2018)
$S_s$	1.171	coefficiente di amplificazione stratigrafica
$C_c$	1.433	coefficiente di modifica del periodo $T_c$
$S_T$	1.000	coefficiente di amplificazione topografica

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



A seguire si riportano gli spettri di risposta determinati per i quattro stati limite indicati dalla normativa vigente.

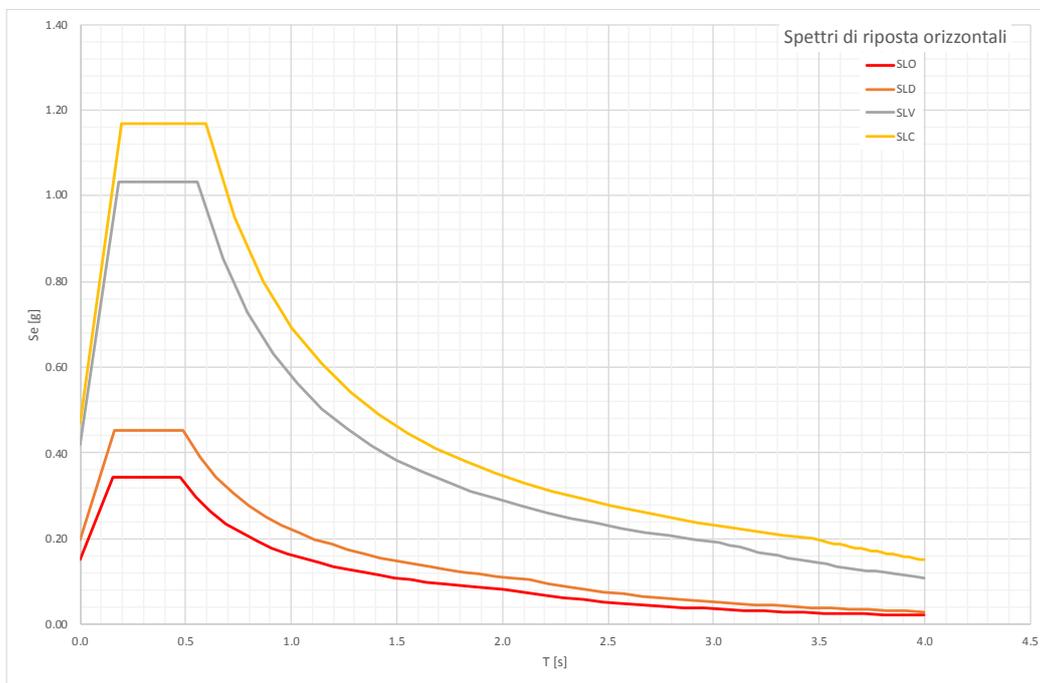


Figura 5.4 Spettri di risposta orizzontali

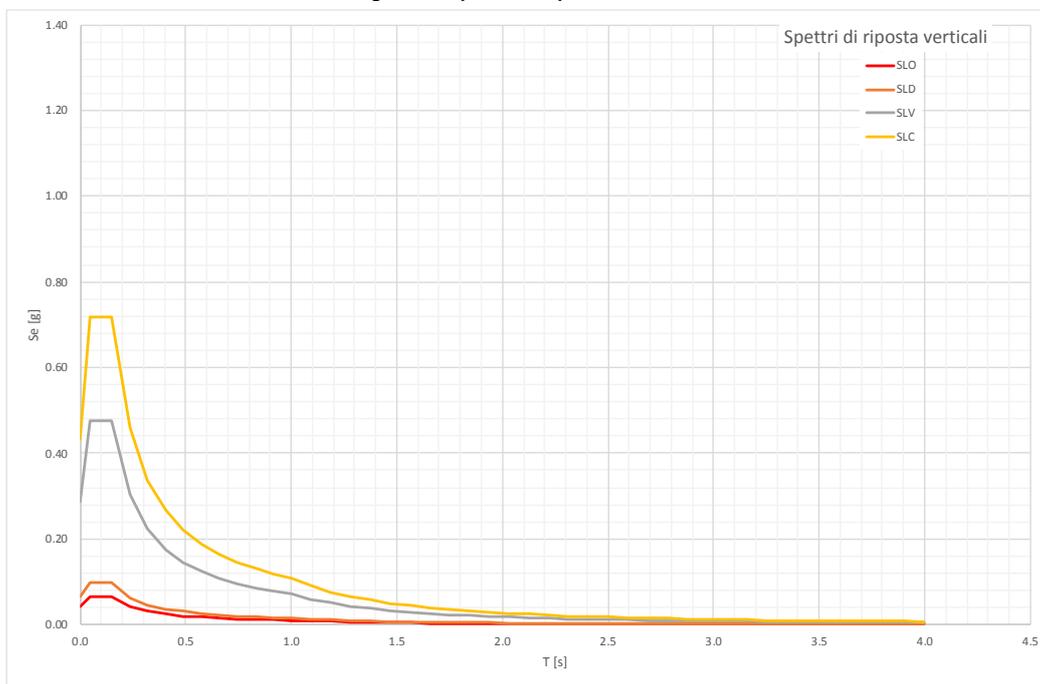


Figura 5.5 Spettri di risposta verticali

A seguire si indicano i parametri fondamentali per il calcolo delle azioni sismiche equivalenti:

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

### 5.3.2 Calcolo dei coefficienti sismici

In relazione al tipo di opere da progettare, è possibile, circa le metodologie di calcolo, seguire le procedure indicate delle NTC2018.

Le analisi saranno condotte mediante metodi pseudostatici in cui, definiti i parametri sismici di riferimento per lo stato limite considerato, si ricavano due coefficienti sismici orizzontale e verticale  $k_h$  e  $k_v$ . Tali coefficienti, moltiplicati per le forze inerziali, porteranno alla definizione di forze statiche equivalenti da impiegare nelle verifiche che permetteranno di tener conto dello stato di sollecitazione indotto sulla struttura per effetto del sisma. Si illustrano a seguire le procedure utilizzate per la determinazione dei coefficienti sismici.

#### Coefficienti sismici per le analisi di stabilità globale

##### Parametri per analisi sismica (NTC 2018 7.11.3.5.1)

$a_g/g$	0.357	accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di riferimento rigido
Cat.	C	categoria di sottosuolo (cfr. NTC2018 tab. 3.2.II)
$S_s$	1.171	coefficiente di amplificazione stratigrafica
$S_t$	1.0	coefficiente di amplificazione topografica
$\beta_s$	0.38	Tab 7.11.I e §7.11.4 NTC2018
$a_{max}$ [ $m/s^2$ ]	4.103	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_h$	0.1589	coefficiente orizzontale per analisi pseudostatica
$k_v$	0.0795	coefficiente verticale per analisi pseudostatica

### 5.4 Sicurezza E Prestazioni Attese

La normativa tecnica di riferimento prevede che siano considerate nelle analisi più scenari di calcolo ovvero combinazioni di carico ottenute sulla base delle azioni di riferimento. Tali azioni consistono nel peso proprio di elementi strutturali e non, azioni variabili e forze inerziali di tipo sismico. Classificando le azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo, nel caso specifico, sono state considerate:

- **azioni permanenti (G)**, ovvero le azioni che agiscono durante tutta la vita della costruzione e la loro variazione di intensità nel tempo è così modesta e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. Le azioni G comprendono il peso proprio della struttura ed eventuali componenti non strutturali ma comunque permanenti ( $G_1$  e  $G_2$ );
- **azioni variabili (Q)**, ovvero le azioni che agiscono sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi tra loro e che comprendono la classe dei carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera. Le azioni Q comprendono i carichi variabili e le azioni a esse connesse intese come effetti diretti sulla struttura.
- **azione sismica (E)**, determinata nel rispetto di quanto illustrato ai paragrafi precedenti.

Per lo Stato Limite Ultimo la combinazione fondamentale è valutata mediante la seguente espressione:

**Relazione descrittiva e di calcolo**

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3}$$

dove  $G_i$  è il valore caratteristico della  $i$ -esima azione permanente strutturale e non,  $Q_{ki}$ , è il valore caratteristico dell'azione variabile di base e  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  sono i coefficienti parziali di sicurezza rispettivamente per i carichi permanenti e variabili;

Per le verifiche in condizioni sismiche, si utilizza la combinazione seguente:

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3+...}$$

in cui  $E$  è comprensiva di tutte le azioni correlabili all'azione sismica agente sul modello di calcolo.

Per ogni stato limite ultimo descritto, deve essere rispettata la condizione di sicurezza  $E_d \leq R_d$ , essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'azione o l'effetto dell'azione e  $R_d$  il valore di progetto della resistenza del sistema terreno-struttura. La sollecitazione di calcolo può esprimersi nella seguente forma generale:

$$E_d = \gamma_E E \left( F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right)$$

dove  $\gamma_E$  è il coefficiente parziale di amplificazione delle azioni  $E$  date dalle azioni caratteristiche  $F_k$ ,  $\gamma_M$  è il coefficiente parziale di riduzione della resistenza caratteristica dei materiali  $X_k$  e  $a_d$  è infine l'accelerazione sismica di progetto.

La resistenza di calcolo può altresì esprimersi nella forma:

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

La verifica della suddetta condizione di sicurezza deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali 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 ed alternativi.

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) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti. I coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma_F$  e  $\gamma_M$ , rispettivamente sulle azioni e sulle resistenze sono definiti nelle tabelle a seguire.

**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	$\gamma_{Qi}$	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  $\gamma_{G1}$

**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	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tab. 6.2.III – Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento**

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	Sollevamento (UPL)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9
	Sfavorevole		1,1
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8
	Sfavorevole		1,5
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0
	Sfavorevole		1,5

<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  $\gamma_{G1}$

## 5.5 Verifiche Di Sicurezza

Nei paragrafi seguenti si mostrano i risultati ottenuti. Si vuol precisare che i coefficienti di sicurezza mostrati sono già da intendersi abbattuti dei valori R2 pari a 1.1 per la condizione statica e del coefficiente parziale di sicurezza pari a 1.2 in condizioni sismiche pertanto le verifiche saranno soddisfatte se essi risultano superiori all'unità.

### 5.5.1 Falda 1 condizione statica SLU (A2+M2+R2)

A seguire si mostrano i risultati ottenuti per con evidenziata la superficie di scivolamento critica cui è associato un coefficiente di sicurezza pari a 1.188, maggiore dell'unità, quindi la verifica di sicurezza è da intendersi soddisfatta.

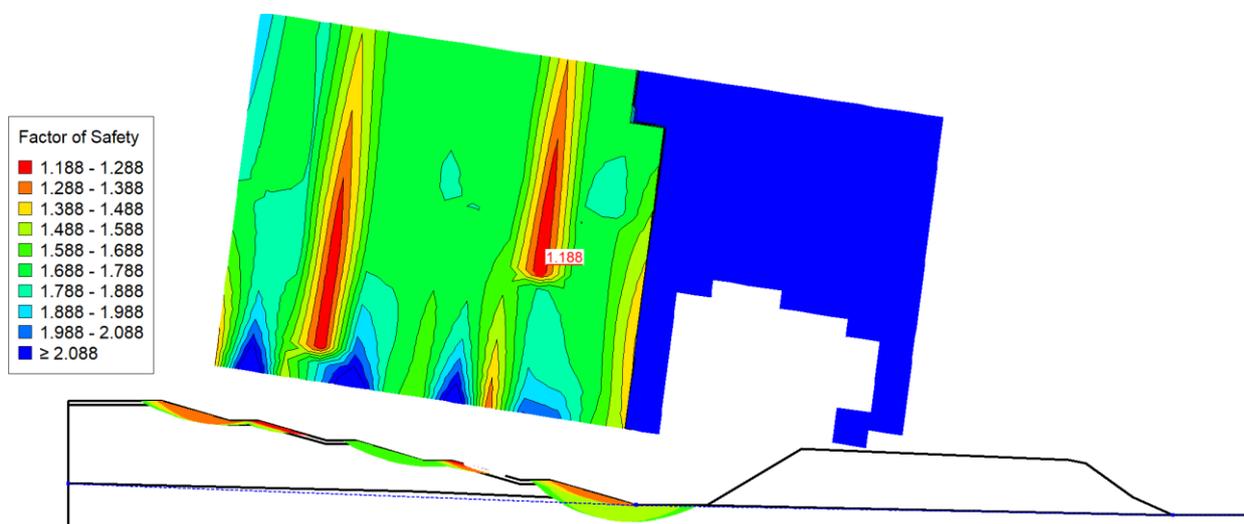


Figura 5.6 Particolare risultati ottenuti

### 5.5.2 Falda 1 condizione Sismica SLV (1+1+1.2)

A seguire si mostrano i risultati ottenuti per con evidenziata la superficie di scivolamento critica cui è associato un coefficiente di sicurezza pari a 1.016, maggiore dell'unità, quindi la verifica di sicurezza è da intendersi soddisfatta.

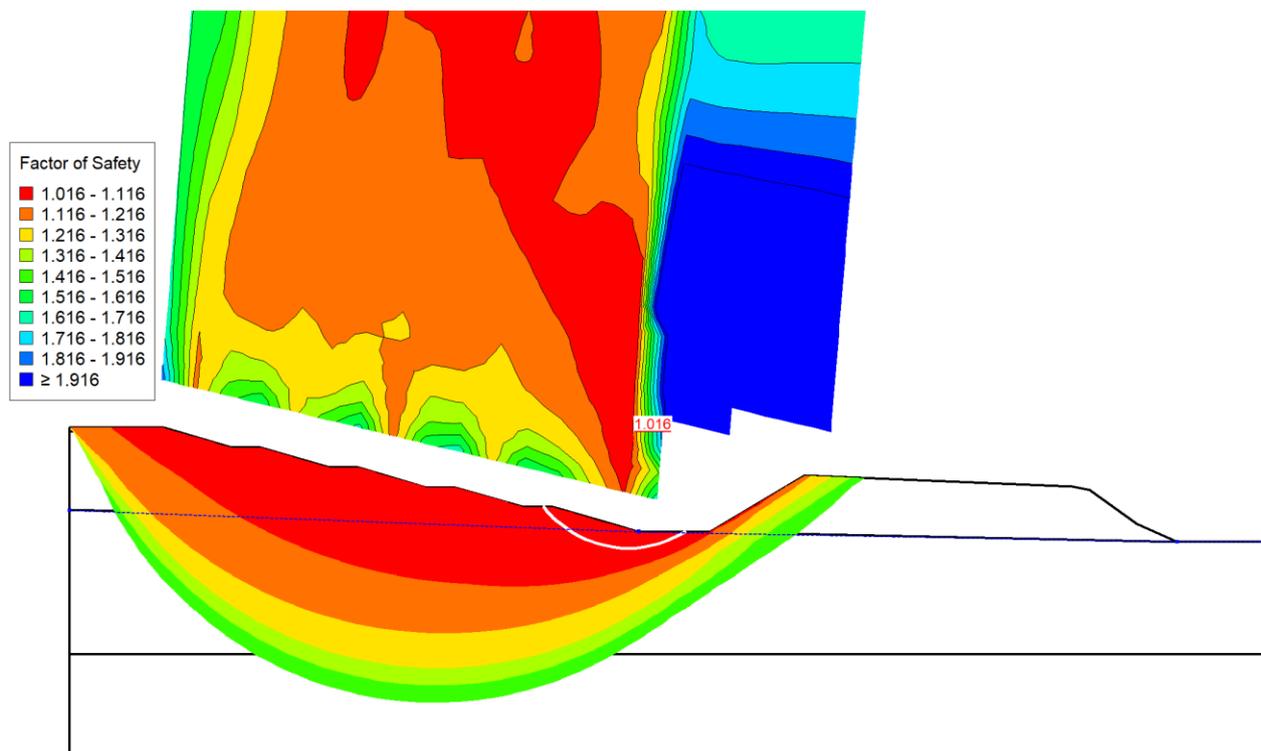


Figura 5.7 Particolare risultati ottenuti

### 5.5.3 Falda 2 condizione statica SLU (A2+M2+R2)

A seguire si mostrano i risultati ottenuti per con evidenziata la superficie di scivolamento critica cui è associato un coefficiente di sicurezza pari a 1.188, maggiore dell'unità, quindi la verifica di sicurezza è da intendersi soddisfatta.

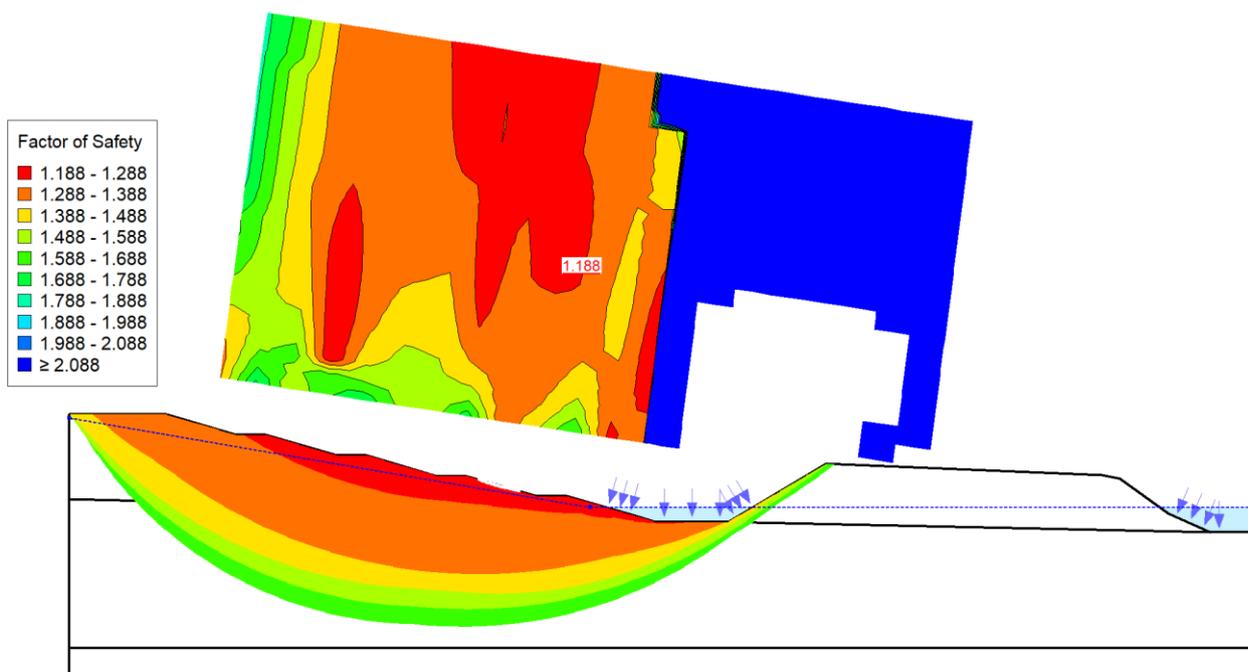


Figura 5.8 Particolare risultati ottenuti

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

#### 5.5.4 Sintesi dei risultati e considerazioni finali

A seguire si mostra una sintesi dei risultati ottenuti. I valori di FS sono da intendersi già scontati dei coefficienti R2 pari a 1.1 in condizioni statiche e 1.2 in condizioni sismiche.

Le verifiche di sicurezza sono pertanto da intendersi soddisfatte.

##### Riepilogo dei risultati ottenuti

cmb.	caso	FS min
falda 1	statica	1.188
falda 1	sismica	1.016
falda 2	statica	1.188

Si procederà alla stesa del materiale per strati successivi avendo cura di sistemare il terreno ed i versanti secondo la geometria di progetto al fine di ottenere una stesa omogenea e che non contenga discontinuità strutturali al suo interno.

## 6 ANALISI E DIMENSIONAMENTO DELLA PARATIA

### 6.1 Caratteristiche dei materiali

#### 6.1.1 Calcestruzzo per pali e travi di collegamento

##### Classe di resistenza C28/35

$R_{ck}$ [MPa]	35	resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}$ [MPa]	28	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$g_{cls}$	1.50	coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo
$\alpha_{cc}$	0.85	coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata
$E_{cm}$ [MPa]	32308	modulo di elasticità longitudinale di calcolo
$f_{cd}$ [MPa]	15.87	resistenza di progetto cilindrica a compressione
$f_{cm}$ [MPa]	36	valore medio della resistenza cilindrica a compressione

Si predisporrà un copriferro minimo netto di 5 cm

#### 6.1.2 Miscela cementizia per tiranti

##### Miscela cementizia per tiranti

Cemento CEM I Tipo 425

$R_{ck}$ [MPa]	25	Resistenza a compressione minima
a/c	0.5	rapporto massimo acqua cemento
fluidificante	2÷3 %	percentuale in peso di fluidificante rispetto al peso di cemento
bentonite	2.5%	percentuale in peso di bentonite rispetto al peso di cemento

#### 6.1.3 Acciaio per barre d'armatura

##### Acciaio per armatura

Tipo B450C

$f_{tk}$ [MPa]	540	tensione caratteristica di rottura
$f_{yk}$ [MPa]	450	tensione caratteristica di snervamento
$g_s$	1.15	coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio
$f_{yd}$ [MPa]	391.3	resistenza di progetto
$E$ [MPa]	210000	modulo di elasticità longitudinale di calcolo

#### 6.1.4 Acciaio da carpenteria

##### Acciaio per carpenterie

Tipo S355

$f_{tk}$ [MPa]	510	tensione caratteristica di rottura
$f_{yk}$ [MPa]	355	tensione caratteristica di snervamento
$g_s$	1.05	coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio
$f_{yd}$ [MPa]	338.1	resistenza di progetto
$E$ [MPa]	210000	modulo di elasticità longitudinale di calcolo

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

### 6.1.5 Acciaio armonico per armatura dei tiranti

#### Acciaio per armatura dei tiranti

f <sub>pk</sub> [MPa]	≥1860	Tensione caratteristica al carico massimo
f <sub>p1k</sub> [MPa]	≥1620	Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale
A <sub>gt</sub> [%]	≥ 3.5	Allungamento totale percentuale a carico massimo

### 6.1.6 Gabbioni di pietrame

Si predisporranno gabbioni riempiti di pietrame chiusi con reti metalliche con peso dell'unità di volume minimo di 16.9 kN/m<sup>3</sup> e porosità di 0.35.

## 6.2 Caratterizzazione Geotecnica

In relazione ai risultati ottenuti dalle prove in situ ed in laboratorio è possibile definire le seguenti macro unità geotecniche di riferimento per la costruzione del modello geotecnico di calcolo:

- SA sabbie e argilla, sabbie con argilla con presenza di limo costituente il deposito fluviale
- LAs Limi con argille, costituente il substrato

A seguire si mostra la caratterizzazione fisico – meccanica di progetto delle unità geotecniche identificate

Le caratteristiche fisico meccaniche utilizzate sono da intendersi le medesime descritte al §5.1 della presente relazione.

## 6.3 Modello Geotecnico Di Calcolo

A seguire si mostra una schematizzazione del modello di calcolo utilizzato per le verifiche di sicurezza. La schematizzazione è relativa alla condizione finale di lavoro. Il dimensionamento della paratia terrà comunque conto delle varie fasi costruttive con le relative quote di scavo intermedio, quindi l'inserimento dei tiranti in maniera sequenziale. Le varie fasi di calcolo saranno meglio descritte nei paragrafi a seguire.

Saranno predisposti pali di diametro Ø 800 posti ad interasse paria a 1.0 m e lunghezza totale di 16,0 m connessi tra di loro mediante una trave di collegamento di dimensioni 100x100 cm. Saranno disposti 3 ordini di tiranti posti ad interasse di 2,0 m (1 ogni due pali), quindi una gabbionata a valle dell'opera di sostegno.

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag.39 di 59

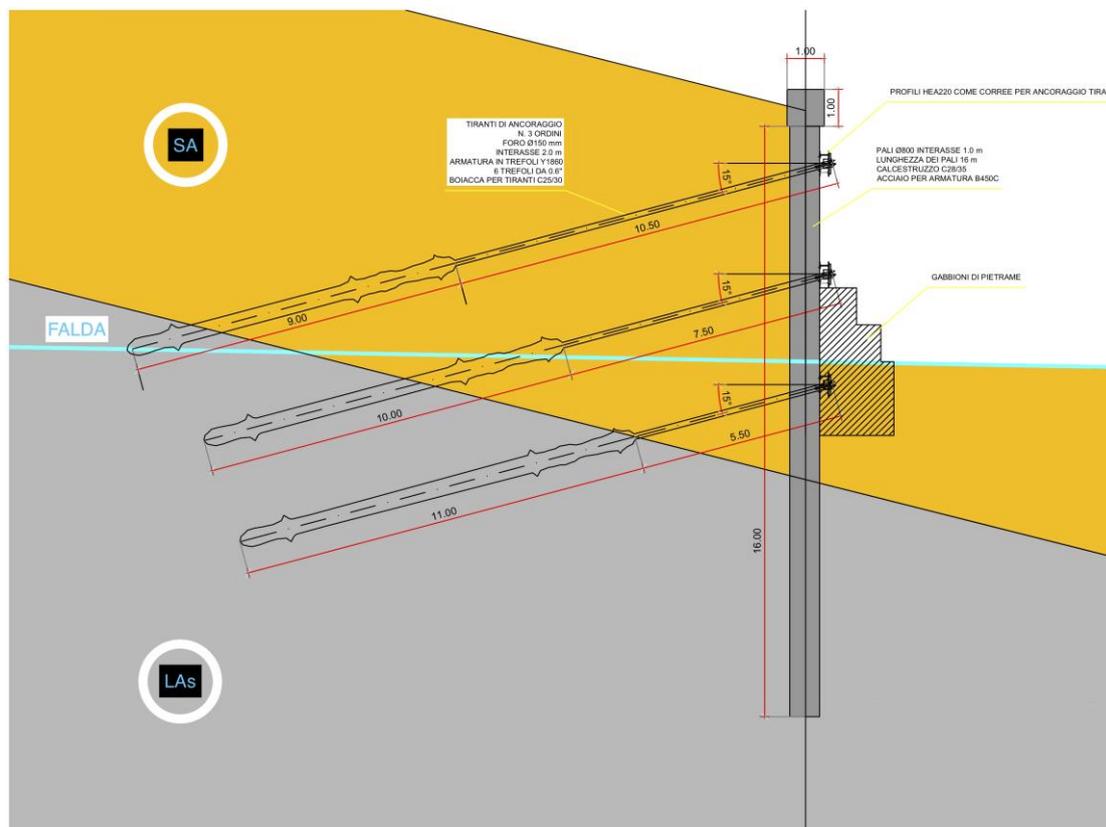


Figura 6.1 Modello geotecnico di riferimento

## 6.4 Caratterizzazione sismica e coefficienti sismici di progetto

### 6.4.1 Valutazione del livello di pericolosità sismica atteso sull'opera

Circa i parametri utilizzati per la determinazione dell'azione sismica e quindi i relativi spettri di progetto si rimanda al §5.3 della presente relazione.

Nelle calcolazioni a seguire, per le verifiche progettuali si farà riferimento ai seguenti stati limite:

- **SLD**, Stato limite di danno a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **SLV**, Stato limite di salvaguardia della vita utilizzato per le verifiche in condizioni sismiche allo stato limite ultimo, in cui a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali. La costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

stato limite	SLD	SLV	stato limite di riferimento
ag/g	0.131	0.357	accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale
F <sub>0</sub>	2.301	2.468	amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido
Tc* [s]	0.319	0.390	coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (cfr. Tab 3.2.IV NTC2018)
S <sub>s</sub>	1.500	1.171	coefficiente di amplificazione stratigrafica
Cc	1.531	1.433	coefficiente di modifica del periodo Tc
S <sub>T</sub>	1.000	1.000	coefficiente di amplificazione topografica

#### 6.4.2 Calcolo dei coefficienti sismici

In relazione al tipo di opere da progettare, è possibile, circa le metodologie di calcolo, seguire le procedure indicate delle NTC2018.

Le analisi saranno condotte mediante metodi pseudostatici in cui, definiti i parametri sismici di riferimento per lo stato limite considerato, si ricavano due coefficienti sismici orizzontale e verticale  $k_h$  e  $k_v$ . Tali coefficienti, moltiplicati per le forze inerziali, porteranno alla definizione di forze statiche equivalenti da impiegare nelle verifiche che permetteranno di tener conto dello stato di sollecitazione indotto sulla struttura per effetto del sisma. Si illustrano a seguire le procedure utilizzate per la determinazione dei coefficienti sismici.

##### Coefficienti sismici per le analisi di stabilità globale

###### Parametri per analisi sismica (NTC 2018 7.11.3.5.1)

$a_g/g$	0.357	accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di riferimento rigido
Cat.	C	categoria di sottosuolo (cfr. NTC2018 tab. 3.2.II)
S <sub>s</sub>	1.171	coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>t</sub>	1.0	coefficiente di amplificazione topografica
$\beta_s$	0.38	Tab 7.11.I e §7.11.4 NTC2018
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	4.103	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_h$	0.1589	coefficiente orizzontale per analisi pseudostatica
$k_v$	0.0795	coefficiente verticale per analisi pseudostatica

##### Coefficienti sismici per le analisi locali della paratia, Stato limite SLV

###### Parametri per analisi sismica (NTC 2018 7.11.6.3.1)

L [m]	16	Altezza paratia
Cat.	C	categoria di sottosuolo (cfr. NTC2018 tab. 3.2.II)
$a_g/g$	0.357	accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di riferimento rigido
S <sub>s</sub>	1.171	coefficiente di amplificazione stratigrafica
S <sub>t</sub>	1.0	coefficiente di amplificazione topografica
$\alpha$	0.83	Fig. 7.11.2 NTC2018
$\beta$	1.00	Fig. 7.11.3 NTC2018 o in assenza di studi specifici porre $\beta=1$
$u_s$ [m]	0.08	Spostamento massimo consentito
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	4.101	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_h$	0.3470	coefficiente orizzontale per analisi pseudostatica
$k_v$	0.0000	coefficiente verticale per analisi pseudostatica

	Progettazione definitiva degli interventi di sistemazione idraulica e di difesa delle opere autostradali relativamente all'interazione dell'infrastruttura viaria con il fiume Mesima, nel tratto compreso fra il km 369+800 e il km 378+500 dell'autostrada SA-RC
	<b>Relazione descrittiva e di calcolo</b>

### Coefficienti sismici per le analisi locali della paratia, Stato limite SLD

#### Parametri per analisi sismica (NTC 2018 7.11.6.3.1)

L [m]	16	Altezza paratia
Cat.	C	categoria di sottosuolo (cfr. NTC2018 tab. 3.2.II)
$a_g/g$	0.131	accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di riferimento rigido
Ss	1.500	coefficiente di amplificazione stratigrafica
St	1.0	coefficiente di amplificazione topografica
$\alpha$	0.83	Fig. 7.11.2 NTC2018
$\beta$	1.00	Fig. 7.11.3 NTC2018 o in assenza di studi specifici porre $\beta=1$
$u_s$ [m]	0.08	Spostamento massimo consentito
$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	1.928	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
$k_h$	0.1631	coefficiente orizzontale per analisi pseudostatica
$k_v$	0.0000	coefficiente verticale per analisi pseudostatica

## 6.5 Sicurezza E Prestazioni Attese

Circa le modalità di calcolo, le tipologie di carico considerate e le combinazioni di calcolo, si fa riferimento alle medesime considerazioni di cui al §5.4 della presente relazione.

Saranno analizzate le condizioni di sicurezza nei confronti di meccanismi di collasso per stati limite ultimi di tipo geotecnico e strutturale secondo l'approccio 1 combinazioni A1+M1+R1 e A2+M2+R1 tenendo conto della resistenza degli ancoraggi progettati secondo le prescrizioni contenute al §6.6 e relativi sotto paragrafi delle NTC2018. Saranno altresì valutati gli spostamenti agli stati limite di esercizio. Sarà infine valutata la condizione di stabilità globale del complesso opera-terreno secondo la combinazione A2+M2+R2.

Le condizioni di sicurezza saranno valutate sia in condizioni statiche che sismiche. Sarà infine valutata la condizione di sicurezza nella condizione eccezionale di piena e falda a piano campagna a monte dell'opera.

## 6.6 Resistenza a carico limite dei tiranti

La resistenza limite dei tiranti è stata determinata nei confronti dei seguenti meccanismi di rottura:

- Sfilamento del bulbo di ancoraggio;
- Snervamento dei trefoli di acciaio;
- Scorrimento dei trefoli sul calcestruzzo.

Per il calcolo della resistenza allo sfilamento dei bulbi di ancoraggio si fa riferimento a tre teorie distinte

i. **Teoria classica attritiva**, si basa sulle seguenti ipotesi:

- la tensione effettiva normale alla superficie di contatto bulbo-terreno  $\sigma'_n$  è costante lungo il bulbo e pari alla tensione normale effettiva media calcolata in corrispondenza del baricentro del bulbo di ancoraggio;
- le tensioni efficaci verticali ed orizzontali sono tensioni principali e legate dalla relazione

Progettisti:

MSM INGEGNERIA S.r.l.



Pag.42 di 59

**Relazione descrittiva e di calcolo**

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$$

in cui  $K_0$  è il coefficiente di spinta laterale a riposo, calcolato in corrispondenza del bulbo;

- condizioni drenate.

La tensione normale  $\sigma'_n$  efficace è assunta pari al valore medio tra la tensione efficace orizzontale e la normale efficace calcolata, con riferimento al cerchio di Mohr come segue

$$\sigma'_{nv} = \frac{\sigma'_v + \sigma'_h}{2} + \frac{\sigma'_v - \sigma'_h}{2} \cos(2\alpha)$$

essendo  $\alpha$  l'angolo di inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale.

Si calcolerà quindi la tensione limite di aderenza come segue

$$\tau_{lim} = c' + \sigma'_n \tan \delta'$$

in cui  $c'$  è l'adesione bulbo-substrato posta pari a 0 kPa e  $\delta'$  è l'angolo di resistenza al taglio al contatto bulbo-substrato che può porsi pari a  $\phi'$  angolo di resistenza al taglio dell'unità geotecnica interagente con il bulbo stesso. Si calcola infine la resistenza allo sfilamento con la seguente espressione.

$$T_{lim} = \pi d_0 L \tau_{lim}$$

in cui  $d_0$  è il diametro del bulbo posto pari a 1,5 volte il diametro di perforazione,  $L$  è la lunghezza del bulbo.

ii. **Metodo di Schneebeli (1971)**, secondo cui al crescere del tiro si forma intorno al tratto di fondazione una zona plastica con rifluimento quando si giunge alla resistenza limite ultima. Ricerca quindi l'equilibrio nella resistenza di attrito lungo la superficie che delimita la zona plastica.

Nell'ipotesi di superficie di slittamento cilindrica, con direttrice a spirale logaritmica, e tensione geostatica nel terreno, per cui l'espressione della forza limite ultima risulta essere

$$T_{lim} = \pi D L K \gamma z$$

in cui  $D$  è il diametro di perforazione,  $L$  è la lunghezza del bulbo,  $\gamma z$  è posta pari alla tensione efficace agente sul punto mediano del bulbo, e  $K$  assume i seguenti valori

$\phi$	20	30	40
$K$	1,3	5,5	30

iii. **Metodo di Bustamante e Doix (1985)**, Il carico limite del tirante può essere ricavato a partire dalla determinazione della resistenza tangenziale  $s$  all'interfaccia tra zona iniettata e terreno mediante la seguente espressione

$$T_{lim} = \pi \alpha d L s$$

in cui  $\alpha$  è un coefficiente di sbulbamento da ricavarsi in funzione della tecnologia di realizzazione e del tipo di terreno,  $d$  è il diametro del foro,  $L$  è la lunghezza del tratto iniettato.

La resistenza tangenziale all'interfaccia, così come il coefficiente di sbulbamento, sono determinabili mediante tabelle e abachi noti in letteratura.

La resistenza allo sfilamento sarà infine determinata come la media tra i tre risultati ottenuti. Ciò fornirà il valore caratteristico della resistenza alla quale sarà applicato un coefficiente di sicurezza parziale pari a 1,80 (cfr. tab. 6.6.III NTC2018, 1 verticali di indagine) e quindi un coefficiente di sicurezza sulla verifica pari a 1,1 (tab. 6.6.I NTC2018).

Per il calcolo della resistenza allo snervamento dei trefoli di acciaio, lo sforzo resistente è pari a

$$T_{lim} = n A f_{yd}$$

in cui  $n$  è il numero dei trefoli,  $A$  è l'area utile di un trefolo e  $f_{yd}$  è il valore della resistenza allo snervamento dell'acciaio componente i trefoli pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} = \frac{1640}{1,15} = 1426,09 \text{ MPa}$$

Infine si calcola la resistenza disponibile per sfilamento dei trefoli sulla zona di contatto con il calcestruzzo. Tale è calcolata come

$$T_{lim} = \pi p L f_{bd}$$

in cui  $p$  è il perimetro disposto dell'armatura posto pari al numero dei trefoli per il perimetro del singolo trefolo,  $L$  è la lunghezza del bulbo e  $f_{bd}$  è la resistenza tangenziale di aderenza di calcolo pari a 1,89 MPa (cfr. §4.1.2.1.1.4 NTC2018).

A seguire le verifiche di sicurezza per ognuno dei tiranti presenti nelle sezioni tipo secondo le azioni riportate alle tabelle precedenti.

Infine, secondo le prescrizioni di cui al §7.11.6.4.1 delle NTC2018 si verifica che la resistenza di progetto allo snervamento sia sempre maggiore del valore massimo della resistenza di progetto della fondazione dell'ancoraggio (rottura lato Terreno)

Le condizioni di carico limite saranno valutate nelle due condizioni di falda possibili, una coincidente con il fondo alveo di progetto (pos 1), coerente anche con la lettura del sondaggio S4N, e la condizione di falda a piano campagna (pos 2) in quanto tale condizione determina un decremento delle tensioni efficaci nell'intorno del bulbo del tirante.

### Tirante superiore, falda pos 1

#### Caratteristiche del tirante superiore

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
$d_{tref}$ [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
$A_u$ [mm <sup>2</sup> ]	140	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
$f_{yk}$ [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
$d_{perf}$ [mm]	150	Diametro della perforazione
$\beta$	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
$\alpha$	1.50	Coefficiente di sbulbamento
$L_{bulbo}$ [m]	9.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
$f_{ck}$ [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno

$\sigma'_v$ [kPa]	126	tensione verticale agente al centro del bulbo
$\phi'$ [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
$k_0$	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
$\sigma'_{n1}$ [kPa]	72.75	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
$\sigma'_{nv}$ [kPa]	122.43	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
$\sigma'_{n2}$ [kPa]	97.59	tensione normale agente al centro del bulbo
$\tau_{lim}$ [kPa]	45.51	tensione limite di aderenza bulbo terreno
$\gamma_{R3}$	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
$\xi_{a3}$	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
$R_{d,1}$ [kN]	134.03	Metodo classico
$R_{d,2}$ [kN]	294.52	Metodo di Bustamante e Doix
$R_{d,3}$ [kN]	482.43	Metodo di Schneebeli
$R_d$ [kN]	304	Valore medio

#### Rottura per snervamento dei trefoli

$\gamma_s$	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
$f_{yd}$ [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
$R_d$ [kN]	1042	

#### Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo

$f_{ctm}$ [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
$f_{ctk}$ [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
$\eta_1$	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
$\eta_2$	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
$f_{bk}$ [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
$\gamma_c$	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
$f_{bd}$ [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
$R_d$ [kN]	4893	

#### Resistenza di calcolo tirante

$R_d$ [kN]	304	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
------------	-----	---

### Tirante mediano, falda pos 1

#### Caratteristiche del tirante superiore

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
d <sub>trref</sub> [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
A <sub>u</sub> [mm <sup>2</sup> ]	140	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
f <sub>yk</sub> [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
d <sub>perf</sub> [mm]	150	Diametro della perforazione
β	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
α	1.50	Coefficiente di sbulbamento
L <sub>bulbo</sub> [m]	10.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
f <sub>ck</sub> [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno

σ' <sub>v</sub> [kPa]	150	tensione verticale agente al centro del bulbo
φ' [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
k <sub>0</sub>	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
σ' <sub>h</sub> [kPa]	86.49	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
σ' <sub>rv</sub> [kPa]	145.56	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	116.03	tensione normale agente al centro del bulbo
τ <sub>lim</sub> [kPa]	54.10	tensione limite di aderenza bulbo terreno
γ <sub>R3</sub>	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
ξ <sub>a3</sub>	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
R <sub>d,1</sub> [kN]	177.05	Metodo classico
R <sub>d,2</sub> [kN]	327.25	Metodo di Bustamante e Doix
R <sub>d,3</sub> [kN]	637.29	Metodo di Schneebeli
R <sub>d</sub> [kN]	381	Valore medio

#### Rottura per snervamento dei trefoli

γ <sub>s</sub>	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>yd</sub> [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
R <sub>d</sub> [kN]	1042	

#### Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo

f <sub>ctm</sub> [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
f <sub>ctk</sub> [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
η <sub>1</sub>	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
η <sub>2</sub>	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
f <sub>bk</sub> [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
γ <sub>c</sub>	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>bd</sub> [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
R <sub>d</sub> [kN]	5437	

#### Resistenza di calcolo tirante

R <sub>d</sub> [kN]	381	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
---------------------	-----	---

### **Tirante inferiore, falda pos 1**

#### **Caratteristiche del tirante superiore**

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
d <sub>trif</sub> [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
A <sub>u</sub> [mm <sup>2</sup> ]	140	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
f <sub>yk</sub> [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
d <sub>perf</sub> [mm]	150	Diametro della perforazione
β	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
α	1.50	Coefficiente di sbulbamento
L <sub>bulbo</sub> [m]	11.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
f <sub>ck</sub> [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### **Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno**

σ' <sub>v</sub> [kPa]	198	tensione verticale agente al centro del bulbo
φ' [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
k <sub>0</sub>	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	114.03	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
σ' <sub>nv</sub> [kPa]	191.91	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	152.97	tensione normale agente al centro del bulbo
τ <sub>lim</sub> [kPa]	71.33	tensione limite di aderenza bulbo terreno
γ <sub>R3</sub>	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
ξ <sub>a3</sub>	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
R <sub>d,1</sub> [kN]	256.77	Metodo classico
R <sub>d,2</sub> [kN]	359.97	Metodo di Bustamante e Doix
R <sub>d,3</sub> [kN]	924.23	Metodo di Schneebeli
R <sub>d</sub> [kN]	514	Valore medio

#### **Rottura per snervamento dei trefoli**

γ <sub>s</sub>	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>yd</sub> [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
R <sub>d</sub> [kN]	1042	

#### **Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo**

f <sub>ctm</sub> [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
f <sub>ctk</sub> [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
η <sub>1</sub>	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
η <sub>2</sub>	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
f <sub>bk</sub> [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
γ <sub>c</sub>	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>bd</sub> [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
R <sub>d</sub> [kN]	5981	

#### **Resistenza di calcolo tirante**

R <sub>d</sub> [kN]	514	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
---------------------	-----	---

### Tirante superiore, falda pos 2

#### Caratteristiche del tirante superiore

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
d <sub>tref</sub> [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
A <sub>u</sub> [mm <sup>2</sup> ]	150	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
f <sub>yk</sub> [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
d <sub>perf</sub> [mm]	150	Diametro della perforazione
β	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
α	1.50	Coefficiente di sbulbamento
L <sub>bulbo</sub> [m]	9.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
f <sub>ck</sub> [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno

σ' <sub>v</sub> [kPa]	81	tensione verticale agente al centro del bulbo
φ' [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
k <sub>0</sub>	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	46.77	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
σ' <sub>nv</sub> [kPa]	78.71	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	62.74	tensione normale agente al centro del bulbo
τ <sub>lim</sub> [kPa]	29.25	tensione limite di aderenza bulbo terreno
γ <sub>R3</sub>	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
ξ <sub>a3</sub>	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
R <sub>d,1</sub> [kN]	86.16	Metodo classico
R <sub>d,2</sub> [kN]	294.52	Metodo di Bustamante e Doix
R <sub>d,3</sub> [kN]	310.13	Metodo di Schneebeli
R <sub>d</sub> [kN]	230	Valore medio

#### Rottura per snervamento dei trefoli

γ <sub>s</sub>	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>yd</sub> [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
R <sub>d</sub> [kN]	1116	

#### Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo

f <sub>ctm</sub> [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
f <sub>ctk</sub> [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
η <sub>1</sub>	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
η <sub>2</sub>	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
f <sub>bk</sub> [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
γ <sub>c</sub>	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>bd</sub> [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
R <sub>d</sub> [kN]	4893	

#### Resistenza di calcolo tirante

R <sub>d</sub> [kN]	230	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
---------------------	-----	---

### Tirante mediano, falda pos 2

#### Caratteristiche del tirante superiore

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
d <sub>tref</sub> [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
A <sub>u</sub> [mm <sup>2</sup> ]	150	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
f <sub>yk</sub> [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
d <sub>perf</sub> [mm]	150	Diametro della perforazione
β	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
α	1.50	Coefficiente di sbulbamento
L <sub>bulbo</sub> [m]	10.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
f <sub>ck</sub> [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno

σ' <sub>v</sub> [kPa]	96	tensione verticale agente al centro del bulbo
φ' [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
k <sub>0</sub>	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
σ' <sub>h</sub> [kPa]	55.60	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
σ' <sub>rv</sub> [kPa]	93.57	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	74.59	tensione normale agente al centro del bulbo
τ <sub>lim</sub> [kPa]	34.78	tensione limite di aderenza bulbo terreno
γ <sub>R3</sub>	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
ξ <sub>a3</sub>	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
R <sub>d,1</sub> [kN]	113.82	Metodo classico
R <sub>d,2</sub> [kN]	327.25	Metodo di Bustamante e Doix
R <sub>d,3</sub> [kN]	409.68	Metodo di Schneebeli
R <sub>d</sub> [kN]	284	Valore medio

#### Rottura per snervamento dei trefoli

γ <sub>s</sub>	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>yd</sub> [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
R <sub>d</sub> [kN]	1116	

#### Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo

f <sub>ctm</sub> [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
f <sub>ctk</sub> [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
η <sub>1</sub>	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
η <sub>2</sub>	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
f <sub>bk</sub> [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
γ <sub>c</sub>	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>bd</sub> [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
R <sub>d</sub> [kN]	5437	

#### Resistenza di calcolo tirante

R <sub>d</sub> [kN]	284	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
---------------------	-----	---

### **Tirante inferiore, falda pos 2**

#### **Caratteristiche del tirante superiore**

n vert.	1	Numero di verticali di indagine
Tipo	Permanente	Tipologia del tirante
n. trefoli	6	Numero di trefoli da utilizzare
d <sub>trref</sub> [mm]	15.3	Diametro del singolo trefolo
A <sub>u</sub> [mm <sup>2</sup> ]	140	Area utile della sezione del singolo trefolo
Acciaio	Y1860	Classe di resistenza dell'acciaio
f <sub>yk</sub> [MPa]	1640	Resistenza allo snervamento caratteristica dell'acciaio
d <sub>perf</sub> [mm]	150	Diametro della perforazione
β	15°	Inclinazione del tirante sull'orizzontale
α	1.50	Coefficiente di sbulbamento
L <sub>bulbo</sub> [m]	11.00	Lunghezza del bulbo iniettato
cls	C25/30	Classe di resistenza del calcestruzzo
f <sub>ck</sub> [MPa]	25	Resistenza a compressione caratteristica del calcestruzzo

#### **Rottura per carico limite del complesso tirante - terreno**

σ' <sub>v</sub> [kPa]	114	tensione verticale agente al centro del bulbo
φ' [°]	25	angolo di resistenza al taglio del terreno interagente con il bulbo
K	1.30	Coefficiente di interazione bulbo terreno (Cestelli Guidi pag 621)
s [MPa]	0.10	resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia (Metodo di Bustamante e Doix)
k <sub>0</sub>	0.58	coefficiente di spinta laterale a riposo
σ' <sub>h</sub> [kPa]	65.99	tensione orizzontale agente al centro del bulbo
σ' <sub>rv</sub> [kPa]	111.06	tensione verticale ricalcolata per inclinazione del tirante al centro del bulbo
σ' <sub>n</sub> [kPa]	88.53	tensione normale agente al centro del bulbo
τ <sub>lim</sub> [kPa]	41.28	tensione limite di aderenza bulbo terreno
γ <sub>R3</sub>	1.20	coefficiente parziale di sicurezza tab 6.6.I NTC2018
ξ <sub>a3</sub>	1.80	Fattore di correlazione in funzione del numero di verticali di indagini tab 6.6.III NTC2018
R <sub>d,1</sub> [kN]	148.60	Metodo classico
R <sub>d,2</sub> [kN]	359.97	Metodo di Bustamante e Doix
R <sub>d,3</sub> [kN]	534.89	Metodo di Schneebeli
R <sub>d</sub> [kN]	348	Valore medio

#### **Rottura per snervamento dei trefoli**

γ <sub>s</sub>	1.15	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>yd</sub> [MPa]	1426.09	resistenza allo snervamento di calcolo dell'acciaio
R <sub>d</sub> [kN]	1042	

#### **Rottura per collasso in aderenza all'interfaccia acciaio - cls in corrispondenza del bulbo**

f <sub>ctm</sub> [MPa]	2.56	resistenza a trazione media del cls § 11.2.10.2 NTC2018
f <sub>ctk</sub> [MPa]	1.80	resistenza a trazione caratteristica del cls § 11.2.10.2 NTC2018
η <sub>1</sub>	0.70	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
η <sub>2</sub>	1.00	coefficiente di aderenza §4.1.2.1.1.4 NTC2018
f <sub>bk</sub> [MPa]	2.83	resistenza tangenziale di aderenza caratteristica §4.1.2.1.1.4 NTC2018
γ <sub>c</sub>	1.50	coefficiente di sicurezza §4.3.3 NTC2018
f <sub>bd</sub> [MPa]	1.89	resistenza tangenziale di aderenza di calcolo §4.1.2.1.1.4 NTC2018
R <sub>d</sub> [kN]	5981	

#### **Resistenza di calcolo tirante**

R <sub>d</sub> [kN]	348	Resistenza di calcolo per le verifiche di sicurezza
---------------------	-----	---

## 6.7 Analisi e verifica dei meccanismi locali

Al fine di determinare le condizioni di sicurezza nei confronti dei meccanismi locali propri dell'opera di sostegno si è optato per una modellazione mediante analisi FEM introducendo come parametri di input le caratteristiche dei materiali, dei terreni e la geometria di progetto da intendersi coerenti con le informazioni contenute ai paragrafi precedenti. È stata valutata quindi una consequenzialità delle fasi costruttive che è possibile riepilogare come segue.

Fase	Descrizione	analisi statica	Analisi sismica	Quota terreno valle	Tirante superiore	Tirante intermedio	Tirante inferiore
1	Scavo iniziale propedeutico all'inserimento del tirante superiore	●		-1.5 m			
2	inserimento del tirante superiore	●		-1.5 m	●		
3	Scavo propedeutico all'inserimento del tirante in posizione intermedia	●		-4.5 m	●		
4	inserimento del tirante in posizione intermedia	●		-4.5 m	●	●	
5	Scavo propedeutico all'inserimento del tirante in posizione inferiore	●		-7.5 m	●	●	
6	inserimento del tirante in posizione inferiore	●		-7.5 m	●	●	●
7	Scavo propedeutico alla posa dei gabbioni al loro piano di posa di fondazione	●		-8.8 m	●	●	●
DEF	verifica finale in condizioni definitiva		●	-6.8 m	●	●	●
PIENA	Verifica nella condizione eccezionale di piena	●		-6.8 m	●	●	●

Le quote appena esposte sono da intendersi come dislivello tra la quota di monte e valle dell'opera.

Nella condizione definitiva DEF non si esaminano le condizioni di sicurezza in condizioni statiche in quanto la fase 7 ha sicuramente una condizione di lavoro più gravosa per cui, essendo le verifiche comunque fatte agli SLU e SLE anche nelle condizioni transitorie, le condizioni di sicurezza statiche nella fase DEF sono comunque verificate.

Nella condizione relativa alla fase di PIENA la falda lato valle è posta alla quota di +1.5 m dalla testa della gabbionata, mentre a monte dell'opera la quota di falda è posta a piano campagna.

A seguire si mostrano i tiri introdotti mediante i tiranti nelle varie fasi di calcolo di inserimento degli stessi.

Tirante superiore	50 kN
Tirante intermedio	100 kN
Tirante inferiore	150 kN

Nelle tabelle a seguire si mostrano i risultati ottenuti cui per un maggiore dettaglio si rimanda al fascicolo dei calcoli in allegato alla presente.

**Relazione descrittiva e di calcolo**

Fase	cmb.	Carico limite	Momento flettente	Taglio max	spostamento max	spostamento max	Carico	Carico	Carico
		verticale	max		orizzontale	verticale	Tirante 1	Tirante 1	Tirante 1
		Rd/Ed	[kN m]	[kN]	[cm]	[cm]	[kN]	[kN]	[kN]
1	A1+M1+R1	7.8	15.1	8.5	-	-	-	-	-
	A2+M2+R1	7.2	17.8	8.8	-	-	-	-	-
	SLE	-	-	-	0.0	0.1	-	-	-
2	A1+M1+R1	7.8	20.3	15.8	-	-	50.0	-	-
	A2+M2+R1	7.2	20.4	14.4	-	-	50.0	-	-
	SLE	-	-	-	0.1	0.0	50.0	-	-
3	A1+M1+R1	7.7	35.5	26.2	-	-	62.8	-	-
	A2+M2+R1	7.1	42.1	29.9	-	-	70.3	-	-
	SLE	-	-	-	0.0	0.1	50.0	-	-
4	A1+M1+R1	7.9	15.9	19.9	-	-	50.0	100.0	-
	A2+M2+R1	7.2	11.3	20.6	-	-	50.0	100.0	-
	SLE	-	-	-	0.2	0.0	50.0	100.0	-
5	A1+M1+R1	7.8	109.9	74.9	-	-	50.0	112.3	-
	A2+M2+R1	7.1	124.9	80.7	-	-	50.0	128.1	-
	SLE	-	-	-	0.1	0.1	50.0	112.9	-
6	A1+M1+R1	9.0	44.2	54.0	-	-	50.0	100.0	150.0
	A2+M2+R1	7.2	46.1	55.2	-	-	50.0	100.0	153.5
	SLE	-	-	-	0.1	0.0	50.0	100.0	153.5
7	A1+M1+R1	3.8	90.9	65.3	-	-	50.0	101.1	184.6
	A2+M2+R1	3.2	94.4	67.5	-	-	50.0	112.1	199.8
	SLE	-	-	-	0.1	0.1	50.0	107.4	180.2
DEF	Sisma SLV	6.4	219.2	93.2	-	-	246.8	260.0	215.7
	Sisma SLD	-	-	-	0.1	0.0	50.0	100.0	150.0
PIENA	A1+M1+R1	4.6	127.5	144.7	-	-	160.7	223.3	228.8
	A2+M2+R1	4.3	92.7	126.5	-	-	142.6	206.8	224.1
	SLE	-	-	-	0.4	0.5	107.2	164.0	187.9

Come si evince le verifiche di sicurezza nei confronti del meccanismo di rottura per carico limite verticale è sempre soddisfatto con un rapporto Rd/Ed minimo pari a 3.2. Le forze determinate sui tiranti sono sempre minori delle resistenze calcolate al §6.6 della presente. La condizione più gravosa in termini di azione richiesta ai tiranti è la condizione sismica allo SLV con un rapporto Rd/Ed minimo pari a 1.23 sul tirante superiore. Nella condizione eccezionale di piena, in cui il carico limite dei tiranti è ridotto per via delle minori tensioni efficaci agenti sul bulbo, si ha un rapporto Rd/Ed minimo pari a 1.27 sul tirante posto in posizione intermedia. In ogni caso le forze destinate sui tiranti sono sempre minori delle resistenze a carico limite determinate. Gli spostamenti calcolati agli stati limite di esercizio sono da intendersi trascurabili. A seguire l'andamento del momento flettente e del taglio nelle varie condizioni allo stato limite ultimo esaminate.

Relazione descrittiva e di calcolo

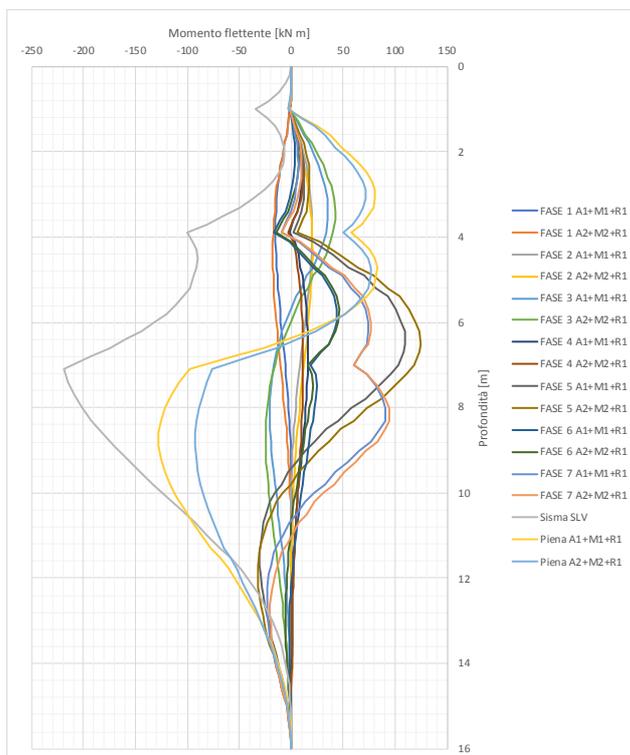


Figura 6.2 Andamento dei momenti flettenti sul palo per le varie combinazioni di carico agli SLU

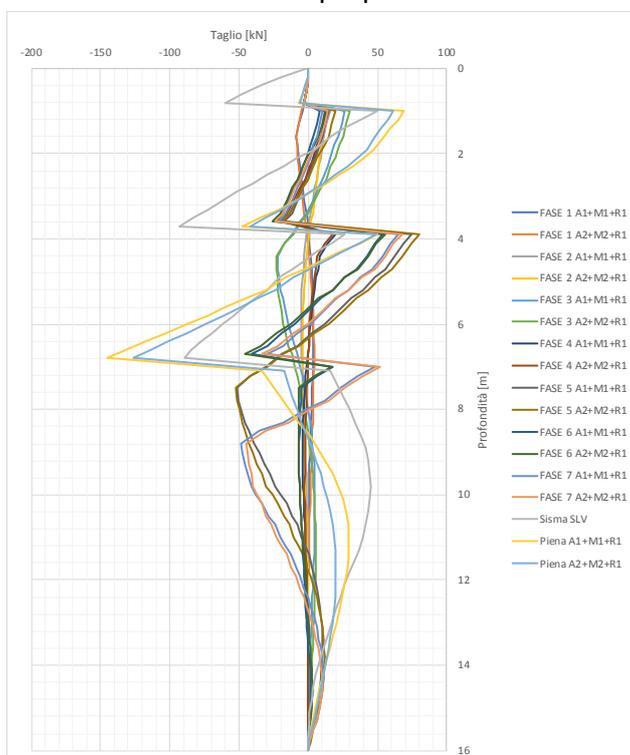
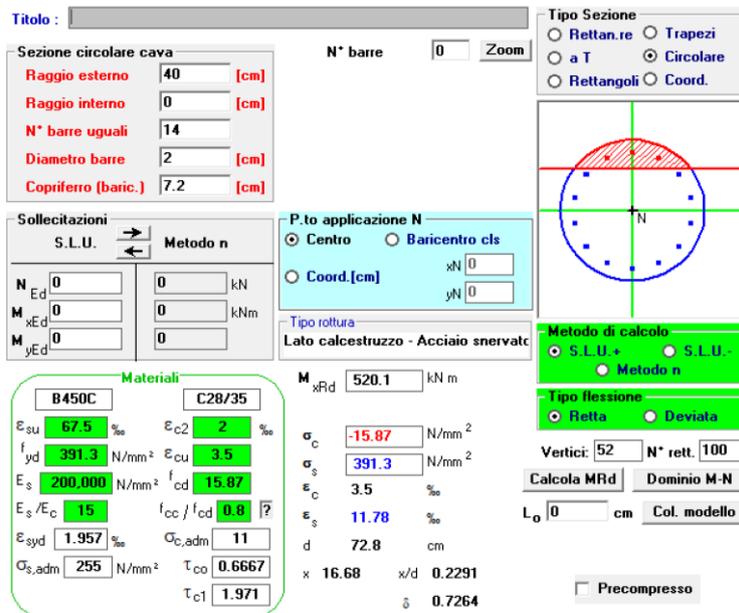


Figura 6.3 Andamento del taglio sul palo per le varie combinazioni di carico agli SLU

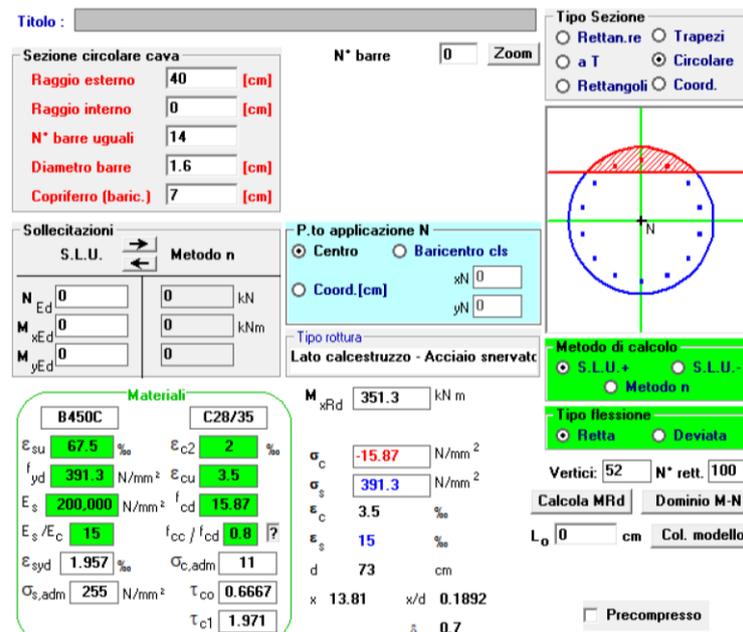
**Relazione descrittiva e di calcolo**

Si disporranno due sezioni d'armatura principali composte 14 barre Ø20 longitudinali e spirale Ø12/15 cm (gabbia alta) e 14 barre Ø16 e spirale Ø12/20 cm (gabbia bassa) con opportuna sovrapposizione. Per un dettaglio delle disposizioni d'armatura si rimanda all'elaborato grafico di riferimento in allegato al progetto.

Le armature longitudinali così disposte forniscono i momenti resistenti descritti a seguire in ogni caso maggiori delle sollecitazioni di calcolo determinate.



**Figura 6.4 Determinazione del momento resistente della sezione**



**Figura 6.5 Determinazione del momento resistente della sezione**

Al fine di determinare la resistenza al taglio della sezione si utilizza il metodo del rettangolo equivalente in cui si calcola la resistenza al taglio di una sezione rettangolare equivalente a quella del palo.

### Sezione equivalente per verifica a taglio

D [cm]	80	Diámetro del palo
A [cm <sup>2</sup> ]	5027	Area della sezione
d [cm]	7.20	Copriferro di calcolo
b* [cm]	56.6	larghezza della sezione equivalente (metodo del rettangolo equivalente)
h* [cm]	88.9	altezza della sezione equivalente (metodo del rettangolo equivalente)
d* [cm]	56.6	altezza utile della sezione equivalente (metodo del rettangolo equivalente)

### Resistenza al taglio della sezione di c.a. (cfr. §4.1.2.3.5 NTC2018)

b	h	c	sez	A <sub>s,sup</sub>	A <sub>s,inf</sub>	V <sub>Rd,0</sub>	A <sub>sw</sub> /S <sub>min</sub>	A <sub>sw</sub> /S <sub>disp</sub>	θ <sub>ott</sub>	V <sub>Rd</sub>
[cm]	[cm]	[cm]	-	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[kN]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[°]	[kN]
56.6	88.9	0	alta	21.99	21.99	205.0	5.3	15.08	21.8	1180.3
56.6	88.9	0	bassa	14.07	14.07	176.6	5.3	11.31	21.8	885.2

Le resistenze determinate sono comunque maggiori delle sollecitazioni determinate.

Si esegue infine una verifica di resistenza sulle corree cui verranno poste le testate dei tiranti. Le corree saranno formate da due profili tipo HEA220 di acciaio S355. Lo schema di calcolo è quello di una trave soggetta ad un vincolo appoggio-appoggio con lunghezza pari all'interasse dei tiranti soggetta ad un carico uniformemente distribuito di intensità q equivalente tale da generare dei tagli agli appoggi uguali alla forza di tiro massima destata sui tiranti.

### Dimensionamento corree metalliche

i [m]	2.0	interasse tra gli appoggi
T <sub>max</sub> [kN]	260.0	tiro massimo sul singolo tirante
q [kN/m]	260.0	carico equivalente uniformemente distribuito
w [cm <sup>3</sup> ]	515.2	modulo di resistenza della sezione
Av [cm <sup>2</sup> ]	13.2	area resistente a taglio
f <sub>yk</sub> [MPa]	355.0	tensione caratteristica allo snervamento
g <sub>s</sub>	1.05	coefficiente di sicurezza
f <sub>yd</sub> [MPa]	338.1	tensione di calcolo allo snervamento
V <sub>rd</sub> [kN]	256.9	Taglio resistente della sezione
n. prof.	2	numero dei profili disposti
V <sub>Ed</sub> [kN]	130.0	Taglio agente sul singolo profilo
M <sub>Ed</sub> [kN m]	65.0	Momento flettente di calcolo sul singolo profilo
INT TM	Si	interazione taglio/momento
r	1.47E-04	fattore di riduzione della resistenza allo snervamento
σ <sub>Rd,red</sub> [MPa]	338.0	tensione normale di calcolo ridotta per interazione T/M
τ <sub>Rd,red</sub> [MPa]	195.2	tensione tangenziale di calcolo ridotta per interazione T/M
σ <sub>Ed</sub> [MPa]	126.2	tensione normale di calcolo
τ <sub>Ed</sub> [MPa]	98.8	tensione tangenziale di calcolo
Rd/Ed s	2.7	verifica per tensioni normali
Rd/Ed t	2.0	verifica per tensioni tangenziali

## 6.8 Analisi di stabilità globale

Al fine di determinare le condizioni di sicurezza nei confronti di meccanismi di stabilità globale sono stati determinati i coefficienti di sicurezza associati ai cerchi di scivolamento associati ai modelli geotecnici di cui alle figure seguenti. Le analisi sono state condotte secondo le modalità dell'analisi all'equilibrio limite determinando dei coefficienti di sicurezza pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilata alla base delle varie superfici di scivolamento analizzate.

Sono state condotte analisi statiche e sismiche secondo le prescrizioni di cui alla normativa vigente NTC2018 secondo la combinazione A2+M2+R2 con R2 pari a 1.1 per le condizioni statiche, mentre per la combinazione sismica si è valutata la combinazione 1+1+R in cui R è posto pari a 1.2 introducendo i coefficienti di accelerazione pseudo statica determinati al §6.4.2 della presente.

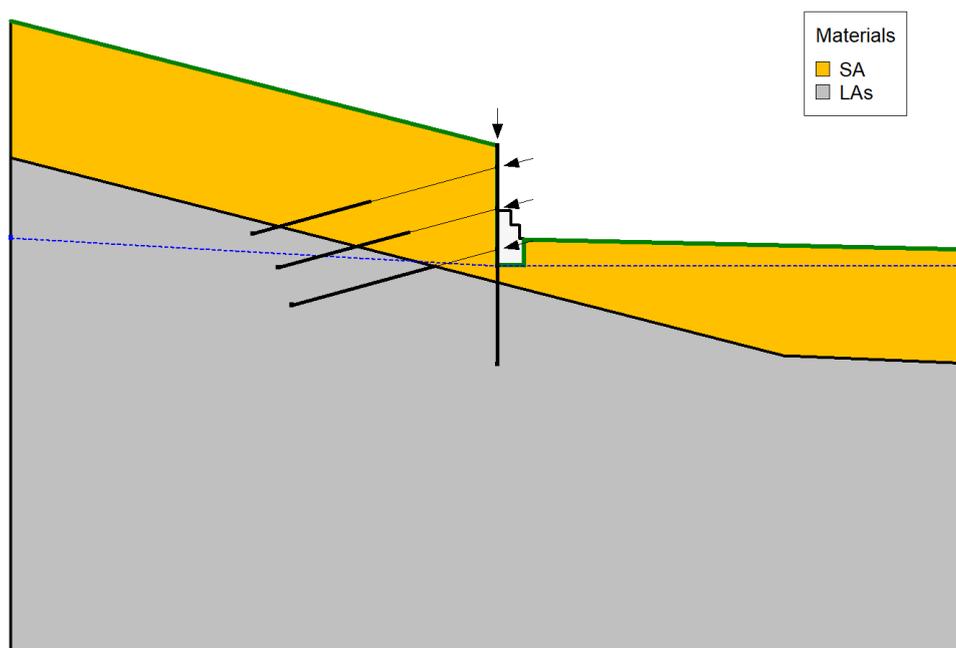


Figura 6.6 Modello di calcolo per l'analisi di stabilità in condizioni transitorie

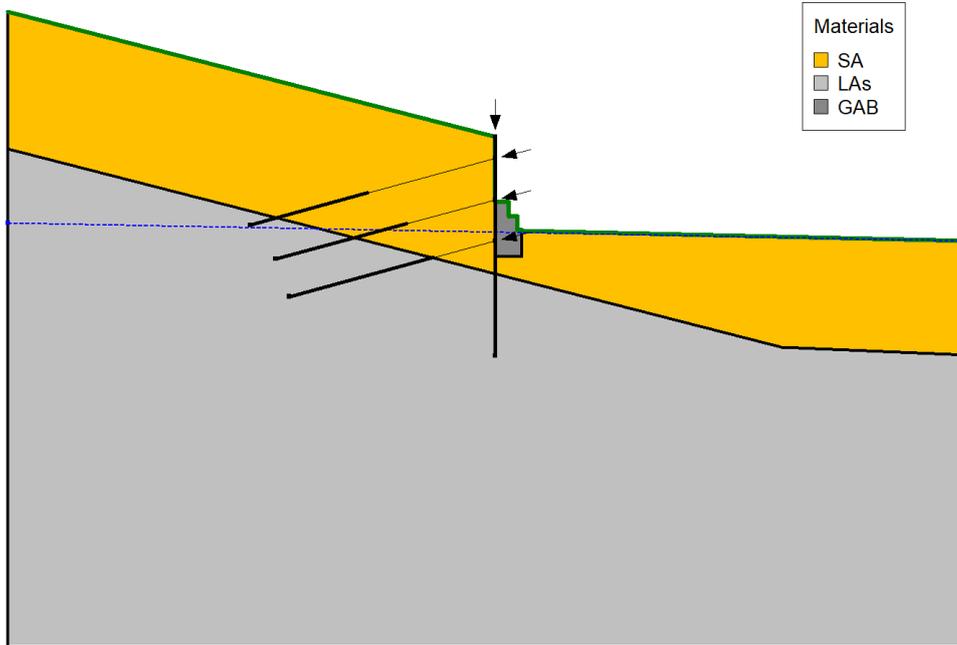


Figura 6.7 Modello di calcolo per l'analisi di stabilità in condizioni sismiche

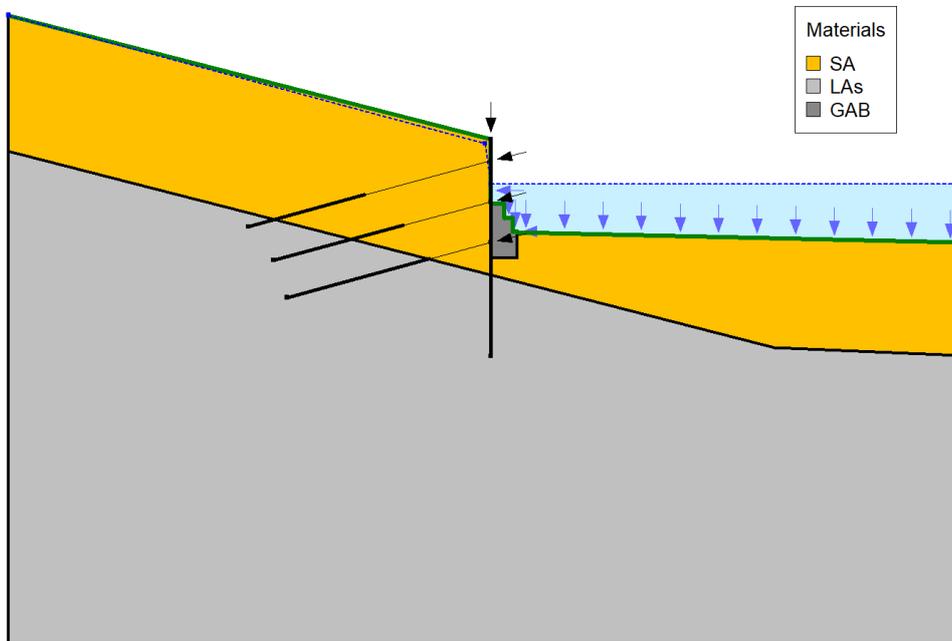


Figura 6.8 Modello di calcolo per l'analisi di stabilità in condizioni di piena

A seguire i risultati ottenuti in cui si evince un rapporto minimo Rd/Ed pari a 1.035 in condizioni sismiche, per cui le verifiche di sicurezza sono da intendersi soddisfatte. Per un maggiore dettaglio si rimanda al fascicolo dei calcoli in allegato alla presente relazione

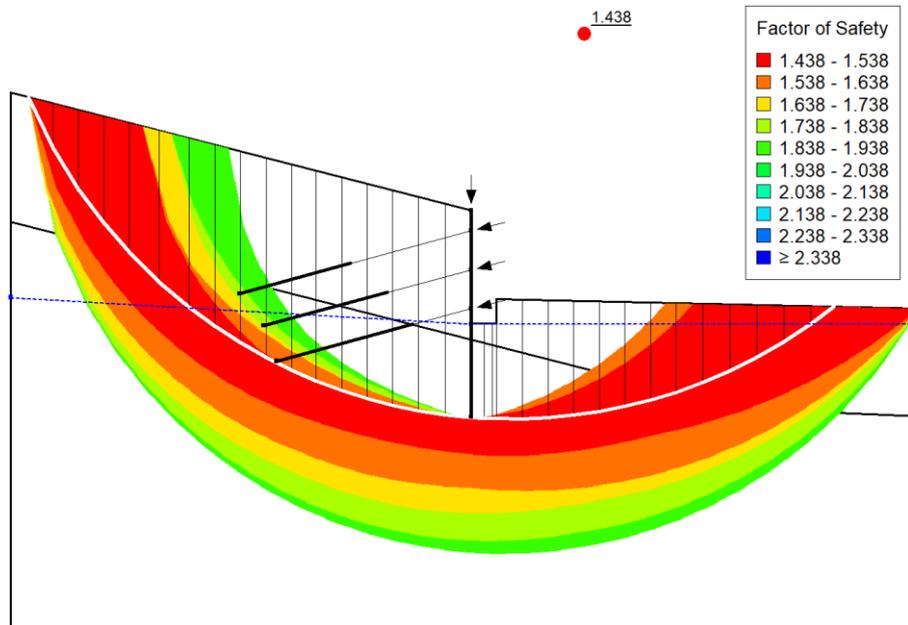


Figura 6.9 Risultati ottenuti in condizioni transitorie

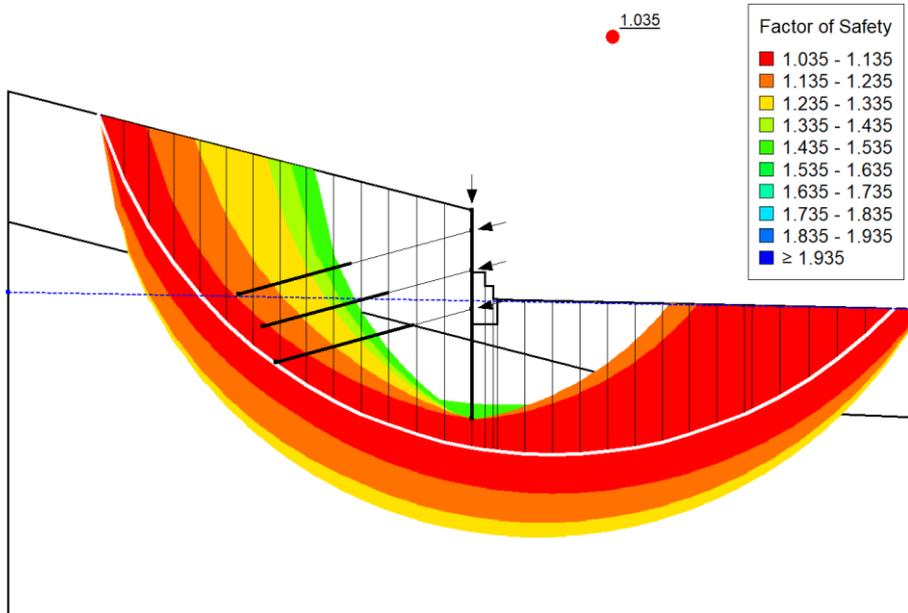


Figura 6.10 Risultati ottenuti in condizioni sismiche

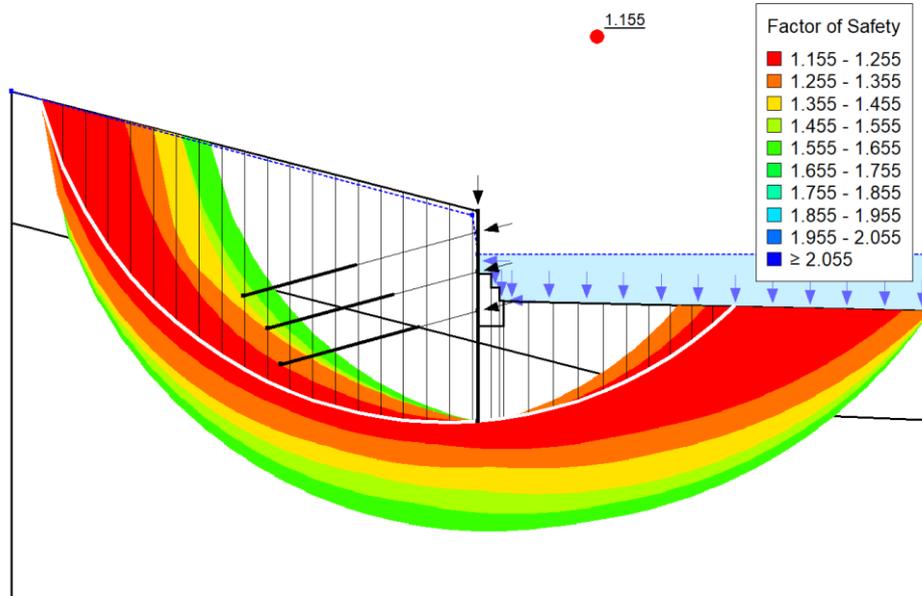


Figura 6.11 Risultati ottenuti in condizioni di piena

## 6.9 Sintesi dei risultati e considerazioni finali

In tutte le verifiche effettuate sono stati calcolati i rapporti  $R_d/E_d$  per ogni meccanismo di collasso sia locale che globale, verificando per tutte le combinazioni che questo si mantenesse sempre al di sopra dell'unità, ai sensi della normativa vigente NTC2018.

Anche le verifiche di sicurezza globale hanno fornito dei rapporti  $R_d/E_d$  maggiori dell'unità.

Per un maggiore dettaglio dei risultati ottenuti, delle procedure di calcolo e dei parametri di input si rimanda al fascicolo dei calcoli in allegato al progetto.

**FASCICOLO DEI CALCOLI**

**MESIMA 3**

**ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE COLMATA DI RIEMPIMENTO**

**falda 1 statica****Project Settings**

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

**Analysis Settings****falda 1 statica**

Method: Bishop

## Settings

PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Limit State Design Approach:A2+M2+R2

## Slip Surface

Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Grid and Radius  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle5 °  
 Optimize Critical Slip Surface LocationNo  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)

## F of S Distribution

F of S Calculation Option:Constant

## Advanced

Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m

**Materials****RIP**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 40 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table18.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**CLM**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table15.7 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**SA**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.1 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 14.6 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**LAs**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 20 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 14.3 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**Design Factor Set: A2+M2+R2**

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0.8, Unfavorable = 1.  
 Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 1.3  
 Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1  
 Effective Cohesion: 1.25  
 Effective Coefficient of Friction: 1.25  
 Undrained Strength: 1.4  
 Shear Strength (Other Models): 1  
 Pullout Resistance: 1  
 Shear Force: 1  
 Tensile Strength: 1  
 Compressive Strength: 1  
 Seismic Coefficients: 1  
 Earth Resistance: 1.1

**Slip Surface Grid**

Upper Left: (19.67572; 79.63955) m  
 Lower Left: (15.00072; 43.8999) m  
 Lower Right: (85.12572; 33.27459) m  
 Grid Horizontal Increment: 20  
 Grid Vertical Increment: 20  
 Left Projection Angle: 0 °  
 Right Projection Angle: 0 °

**Slip Surface Radius**

Upper Left Coordinate: (-5.50722; 44.34391) m  
 Upper Right Coordinate: (122.55064; 28.05851) m  
 Lower Left Coordinate: (-5.50722; 4.25677) m  
 Lower Right Coordinate: (117.52877; 3.00404) m  
 Number of Increments: 20  
 Left Projection: No  
 Left Projection Angle: 135 °  
 Right Projection: No  
 Right Projection Angle: 45 °

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (-0; 40.31252) m  
 Right Coordinate: (150; 28.85318) m

**Piezometric Lines****Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	0	32
Coordinate 2	58.26	29.8
Coordinate 3	113.4001	28.76
Coordinate 4	150	28.85

Maximum Suction: 0 kPa

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	17.4455
Point 2	0	0
Point 3	150	0
Point 4	150	17.4455
Point 5	150	28.85318
Point 6	113.40008	28.76059
Point 7	65.47558	29.81378
Point 8	58.26459	29.81378
Point 9	56.52988	30.31252
Point 10	35.38936	31.26303
Point 11	0	32.03199
Point 12	75.22988	35.5086
Point 13	102.64269	34.3824
Point 14	104.35598	34.0486
Point 15	109.18287	30.61953
Point 16	0	40.31252
Point 17	9.65574	40.31252
Point 18	16.57653	38.32801
Point 19	19.57653	38.32801
Point 20	26.55136	36.32801
Point 21	29.55136	36.32801
Point 22	36.52619	34.32801
Point 23	39.52619	34.32801
Point 24	46.50102	32.32801
Point 25	49.50102	32.32801
Point 26	54.80884	30.3899
Point 27	49.4448	31.92801
Point 28	46.4448	31.92801
Point 29	39.46997	33.92801
Point 30	36.46997	33.92801
Point 31	29.49514	35.92801
Point 32	26.49514	35.92801
Point 33	19.52031	37.92801
Point 34	16.52031	37.92801
Point 35	9.59952	39.91252
Point 36	0	39.91252

**Regions**

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LAs	1;2;3;4	2,616.80
Region 2	SA	1;4;5;6;7;8;9;26;1; ;11	1,879.10
Region 3	RIP	7;12;13;14;15;6	212.87
Region 4	CLM	16;36;35;34;33;32; ;1;30;29;28;27;26;9 ;25;24;23;22;21;20; ;9;18;17	22.817

Region 5	CLM	11;10;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36	251.01
----------	-----	--	--------

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 3,721  
 F of S: 1.188  
 Volume: 0.2753709 m³  
 Weight: 5.4798808 kN  
 Resisting Moment: 37.387997 kN-m  
 Activating Moment: 31.478767 kN-m  
 F of S Rank (Analysis): 1 of 9,261 slip surfaces  
 F of S Rank (Query): 1 of 9,261 slip surfaces  
 Exit: (44.664415; 32.854648) m  
 Entry: (40.722806; 33.984886) m  
 Radius: 20.901173 m  
 Center: (48.42697; 53.414371) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	40.788499	33.959094	0	0.12446255	0.042209338	0
Slice 2	40.919886	33.908019	0	0.36498783	0.12377936	0
Slice 3	41.051273	33.857966	0	0.5882103	0.19948143	0
Slice 4	41.182660	33.808913	0	0.79415683	0.26932466	0
Slice 5	41.314047	33.760860	0	0.98285225	0.33331748	0
Slice 6	41.445434	33.713807	0	1.1543193	0.3914676	0
Slice 7	41.576821	33.667734	0	1.3085788	0.44378206	0
Slice 8	41.708208	33.622644	0	1.4456495	0.49026723	0
Slice 9	41.839595	33.578526	0	1.5655475	0.5309287	0
Slice 10	41.970982	33.535375	0	1.6682887	0.56577151	0
Slice 11	42.102369	33.493184	0	1.7538847	0.59479991	0
Slice 12	42.233756	33.451946	0	1.8223464	0.6180175	0
Slice 13	42.365143	33.411657	0	1.8736823	0.63542723	0
Slice 14	42.496530	33.37231	0	1.9078991	0.64703125	0
Slice 15	42.627917	33.333899	0	1.9250014	0.65283118	0
Slice 16	42.759304	33.29642	0	1.9249915	0.65282785	0
Slice 17	42.890691	33.259868	0	1.9078702	0.64702144	0
Slice 18	43.022078	33.224236	0	1.8736358	0.63541144	0
Slice 19	43.153465	33.189521	0	1.8222845	0.61799664	0
Slice 20	43.284852	33.155717	0	1.7538117	0.59477516	0
Slice 21	43.416239	33.12282	0	1.6682089	0.56574442	0
Slice 22	43.547626	33.090826	0	1.5654666	0.53090113	0
Slice 23	43.679013	33.059733	0	1.4455732	0.49024134	0
Slice 24	43.810400	33.029529	0	1.3085145	0.44376036	0
Slice 25	43.941787	33.000218	0	1.1542758	0.39145283	0
Slice 26	44.073174	32.971793	0	0.98283808	0.33331267	0
Slice 27	44.204561	32.944251	0	0.79418168	0.26933305	0
Slice 28	44.335948	32.917589	0	0.58828448	0.19950659	0
Slice 29	44.467335	32.891802	0	0.36512223	0.12382494	0
Slice 30	44.598722	32.866887	0	0.12466855	0.042279195	0

**falda 1 sisma****Project Settings**

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

**Analysis Settings****falda 1 sisma**

Method: Bishop  
 Settings  
 PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Staged Pseudo Static Analysis OptionEffective Stress Strengths  
 Limit State Design Approach:sisma  
 Slip Surface  
 Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Grid and Radius  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle5 °  
 Optimize Critical Slip Surface LocationNo  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)  
 F of S Distribution  
 F of S Calculation Option:Constant  
 Advanced  
 Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m

**Materials****RIP**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 40 °  
 Phi-B: 0 °  
 Cohesion R: 0 kPa  
 Phi R: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table18.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**CLM**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Constant Unit Wt. Above Water Table 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

#### SA

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.1 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 0 kPa

Phi': 30 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Constant Unit Wt. Above Water Table 14.6 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

#### LA5

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 20 kPa

Phi': 25 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Constant Unit Wt. Above Water Table 14.3 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

#### CLM rinver

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.9 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 5 kPa

Phi': 25 °

Phi-B: 0 °

Cohesion R: 0 kPa

Phi R: 0 °

Constant Unit Wt. Above Water Table 15.7 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

#### Slip Surface Grid

Upper Left: (13.89852; 99.48054) m

Lower Left: (9.39127; 45.15768) m

Lower Right: (77; 29.00764) m

Grid Horizontal Increment: 20

Grid Vertical Increment: 20

Left Projection Angle: 0 °

Right Projection Angle: 0 °

#### Slip Surface Radius

Upper Left Coordinate: (-5.50722; 44.34391) m

Upper Right Coordinate: (122.55064; 28.05851) m

Lower Left Coordinate: (-5.50722; 4.25677) m

Lower Right Coordinate: (117.52877; 3.00404) m

Number of Increments: 20

Left Projection: No

Left Projection Angle: 135 °

Right Projection: No

Right Projection Angle:45 °

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate:(-0; 40.31252) m

Right Coordinate:(150; 28.85318) m

**Piezometric Lines**

**Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	0	32
Coordinate 2	58.26	29.8
Coordinate 3	113.4	28.76
Coordinate 4	150	28.85

Maximum Suction:0 kPa

**Seismic Coefficients**

Horz Seismic Coef.:0.1589

Vert Seismic Coef.:0.0795

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	17.4455
Point 2	0	0
Point 3	150	0
Point 4	150	17.4455
Point 5	150	28.85318
Point 6	113.40008	28.76055
Point 7	65.47558	29.81378
Point 8	58.26459	29.81378
Point 9	56.52988	30.31252
Point 10	35.38936	31.26303
Point 11	0	32.03195
Point 12	75.22988	35.5086
Point 13	102.64269	34.3824
Point 14	104.35598	34.0486
Point 15	109.18287	30.61953
Point 16	0	40.31252
Point 17	9.65574	40.31252
Point 18	16.57653	38.32801
Point 19	19.57653	38.32801
Point 20	26.55136	36.32801
Point 21	29.55136	36.32801
Point 22	36.52619	34.32801
Point 23	39.52619	34.32801
Point 24	46.50102	32.32801
Point 25	49.50102	32.32801
Point 26	54.80884	30.3899
Point 27	49.4448	31.92801
Point 28	46.4448	31.92801
Point 29	39.46997	33.92801
Point 30	36.46997	33.92801
Point 31	29.49514	35.92801
Point 32	26.49514	35.92801
Point 33	19.52031	37.92801
Point 34	16.52031	37.92801
Point 35	9.59952	39.91252
Point 36	0	39.91252

**Regions**

	Material	Points	Area (m²)
Region 1	LAs	1;2;3;4	2,616.80
Region 2	SA	1;4;5;6;7;8;9;26;11	1,879.10
Region 3	RIP	7;12;13;14;15;6	212.87
Region 4	CLM rinver	16;36;35;34;33;32;11	22.817
Region 5	CLM	11;10;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;3	251.01

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 1,182

F of S: 1.016

Volume: 23.055659 m³

Weight: 445.38936 kN

Resisting Moment: 1,705.1107 kN-m

Activating Moment: 1,678.898 kN-m

F of S Rank (Analysis): 1 of 9,261 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 9,261 slip surfaces

Exit: (62.957943; 29.81378) m

Entry: (48.517892; 32.32801) m

Radius: 11.100678 m

Center: (57.168106; 39.284938) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	48.686659	32.12801	0	-1.021382	0	4.5573913
Slice 2	49.150113	31.619759	0	10.605623	0	4.4750452
Slice 3	49.47291	31.28447	0	16.079605	0	6.6920629
Slice 4	49.691186	31.084059	0	18.642504	0	7.6960736
Slice 5	50.071517	30.752512	0	22.740515	0	9.2684223
Slice 6	50.616239	30.3348	0	26.122578	0	13.340539
Slice 7	51.210666	29.922614	1.4060965	31.259974	0	14.904769
Slice 8	51.690422	29.633827	4.0567855	35.120916	0	15.201356
Slice 9	52.170179	29.376679	6.3976226	38.351598	0	15.362218
Slice 10	52.649936	29.148759	8.4522796	40.987815	0	15.394396
Slice 11	53.129692	28.948114	10.23975	43.05777	0	15.303404
Slice 12	53.609449	28.773189	11.77538	44.583485	0	15.093487
Slice 13	54.089205	28.622712	13.071598	45.581798	0	14.76782
Slice 14	54.568962	28.495656	14.138444	46.065074	0	14.328632
Slice 15	55.02397	28.39551	14.950915	46.065968	0	13.810793
Slice 16	55.45423	28.319526	15.535915	45.641034	0	13.226574
Slice 17	55.88449	28.260852	15.951397	44.813547	0	12.552562
Slice 18	56.31475	28.219213	16.200062	43.582472	0	11.788181
Slice 19	56.746145	28.194399	16.283579	41.980315	0	10.948299
Slice 20	57.178679	28.186372	16.20219	40.001263	0	10.031326
Slice 21	57.611209	28.195219	15.955603	37.600253	0	9.018863
Slice 22	58.043739	28.220976	15.543413	34.766606	0	7.9080799
Slice 23	58.262299	28.238319	15.309534	33.210086	0	7.3098049
Slice 24	58.516132	28.269329	14.958596	32.715383	0	7.2302176
Slice 25	59.019216	28.342664	14.146626	31.502699	0	7.0275286
Slice 26	59.522299	28.439821	13.101127	29.762777	0	6.7085823
Slice 27	60.025383	28.561448	11.815736	27.465023	0	6.2658439
Slice 28	60.528467	28.70839	10.282158	24.571444	0	5.6899983
Slice 29	61.031551	28.881729	8.4898471	21.034666	0	4.969455
Slice 30	61.534634	29.0828	6.4255789	16.795126	0	4.0896356
Slice 31	62.037718	29.3133	4.0728487	11.776993	0	3.0319442
Slice 32	62.540802	29.575327	1.4110393	5.8820837	0	1.7722206
Slice 33	62.875143	29.764148	0	1.343371	0	0.54222175

**falda 1 statica****Project Settings**

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

**Analysis Settings****falda 1 statica**

Method: Bishop

## Settings

PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Limit State Design Approach:A2+M2+R2

## Slip Surface

Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Grid and Radius  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle5 °  
 Optimize Critical Slip Surface LocationNo  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)

## F of S Distribution

F of S Calculation Option:Constant

## Advanced

Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m

**Materials****RIP**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 21.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 40 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table18.2 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**CLM**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table15.7 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**SA**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.1 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 14.6 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**LAs**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 20 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 14.3 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

**Design Factor Set: A2+M2+R2**

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0.8, Unfavorable = 1.  
 Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 1.3  
 Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1  
 Effective Cohesion: 1.25  
 Effective Coefficient of Friction: 1.25  
 Undrained Strength: 1.4  
 Shear Strength (Other Models): 1  
 Pullout Resistance: 1  
 Shear Force: 1  
 Tensile Strength: 1  
 Compressive Strength: 1  
 Seismic Coefficients: 1  
 Earth Resistance: 1.1

**Slip Surface Grid**

Upper Left: (19.67572; 79.63955) m  
 Lower Left: (15.00072; 43.8999) m  
 Lower Right: (85.12572; 33.27459) m  
 Grid Horizontal Increment: 20  
 Grid Vertical Increment: 20  
 Left Projection Angle: 0 °  
 Right Projection Angle: 0 °

**Slip Surface Radius**

Upper Left Coordinate: (-5.50722; 44.34391) m  
 Upper Right Coordinate: (122.55064; 28.05851) m  
 Lower Left Coordinate: (-5.50722; 4.25677) m  
 Lower Right Coordinate: (117.52877; 3.00404) m  
 Number of Increments: 20  
 Left Projection: No  
 Left Projection Angle: 135 °  
 Right Projection: No  
 Right Projection Angle: 45 °

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (-0; 40.31252) m  
 Right Coordinate: (150; 28.85318) m

**Piezometric Lines****Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	0	32
Coordinate 2	58.26	29.8
Coordinate 3	113.4001	28.76
Coordinate 4	150	28.85

Maximum Suction:0 kPa

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	0	17.4455
Point 2	0	0
Point 3	150	0
Point 4	150	17.4455
Point 5	150	28.85318
Point 6	113.40008	28.76055
Point 7	65.47558	29.81378
Point 8	58.26459	29.81378
Point 9	56.52988	30.31252
Point 10	35.38936	31.26303
Point 11	0	32.03195
Point 12	75.22988	35.5086
Point 13	102.64269	34.3824
Point 14	104.35598	34.0486
Point 15	109.18287	30.61953
Point 16	0	40.31252
Point 17	9.65574	40.31252
Point 18	16.57653	38.32801
Point 19	19.57653	38.32801
Point 20	26.55136	36.32801
Point 21	29.55136	36.32801
Point 22	36.52619	34.32801
Point 23	39.52619	34.32801
Point 24	46.50102	32.32801
Point 25	49.50102	32.32801
Point 26	54.80884	30.3899
Point 27	49.4448	31.92801
Point 28	46.4448	31.92801
Point 29	39.46997	33.92801
Point 30	36.46997	33.92801
Point 31	29.49514	35.92801
Point 32	26.49514	35.92801
Point 33	19.52031	37.92801
Point 34	16.52031	37.92801
Point 35	9.59952	39.91252
Point 36	0	39.91252

**Regions**

	Material	Points	Area (m <sup>2</sup> )
Region 1	LAs	1;2;3;4	2,616.80
Region 2	SA	1;4;5;6;7;8;9;26;1; ;11	1,879.10
Region 3	RIP	7;12;13;14;15;6	212.87
Region 4	CLM	16;36;35;34;33;32; ;1;30;29;28;27;26;9 ;25;24;23;22;21;20; ;9;18;17	22.817

Region 5	CLM	11;10;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36	251.01
----------	-----	--	--------

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 3,721  
 F of S: 1.188  
 Volume: 0.2753709 m³  
 Weight: 5.4798808 kN  
 Resisting Moment: 37.387997 kN-m  
 Activating Moment: 31.478767 kN-m  
 F of S Rank (Analysis): 1 of 9,261 slip surfaces  
 F of S Rank (Query): 1 of 9,261 slip surfaces  
 Exit: (44.664415; 32.854648) m  
 Entry: (40.722806; 33.984886) m  
 Radius: 20.901173 m  
 Center: (48.42697; 53.414371) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	40.788499	33.959094	0	0.12446255	0.042209338	0
Slice 2	40.919886	33.908019	0	0.36498783	0.12377936	0
Slice 3	41.051273	33.857966	0	0.5882103	0.19948143	0
Slice 4	41.182660	33.808913	0	0.79415683	0.26932466	0
Slice 5	41.314047	33.760860	0	0.98285225	0.33331748	0
Slice 6	41.445434	33.713807	0	1.1543193	0.3914676	0
Slice 7	41.576821	33.667734	0	1.3085788	0.44378206	0
Slice 8	41.708208	33.622644	0	1.4456495	0.49026723	0
Slice 9	41.839595	33.578526	0	1.5655475	0.5309287	0
Slice 10	41.970982	33.535375	0	1.6682887	0.56577151	0
Slice 11	42.102369	33.493184	0	1.7538847	0.59479991	0
Slice 12	42.233756	33.451946	0	1.8223464	0.6180175	0
Slice 13	42.365143	33.411657	0	1.8736823	0.63542723	0
Slice 14	42.496530	33.37231	0	1.9078991	0.64703125	0
Slice 15	42.627917	33.333899	0	1.9250014	0.65283118	0
Slice 16	42.759304	33.29642	0	1.9249915	0.65282785	0
Slice 17	42.890691	33.259868	0	1.9078702	0.64702144	0
Slice 18	43.022078	33.224236	0	1.8736358	0.63541144	0
Slice 19	43.153465	33.189521	0	1.8222845	0.61799664	0
Slice 20	43.284852	33.155717	0	1.7538117	0.59477516	0
Slice 21	43.416239	33.12282	0	1.6682089	0.56574442	0
Slice 22	43.547626	33.090826	0	1.5654666	0.53090113	0
Slice 23	43.679013	33.059733	0	1.4455732	0.49024134	0
Slice 24	43.810400	33.029529	0	1.3085145	0.44376036	0
Slice 25	43.941787	33.000218	0	1.1542758	0.39145283	0
Slice 26	44.073174	32.971793	0	0.98283808	0.33331267	0
Slice 27	44.204561	32.944251	0	0.79418168	0.26933305	0
Slice 28	44.335948	32.917589	0	0.58828448	0.19950659	0
Slice 29	44.467335	32.891802	0	0.36512223	0.12382494	0
Slice 30	44.598722	32.866887	0	0.12466855	0.042279195	0

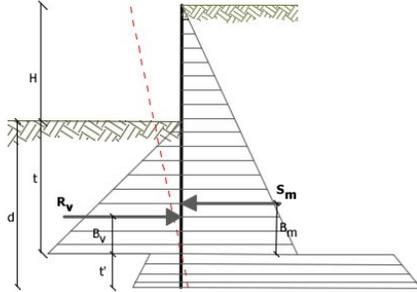
**FASCICOLO DEI CALCOLI**

**MESIMA 3**

**ANALISI DELLA PARATIA TIRANTATA**

**Alcune considerazioni preliminari.**

Gli elementi che concorrono al calcolo di una paratia sono vari. Si coinvolgono infatti concetti legati alla flessibilità dei pali, al calcolo della spinta del terrapieno, alla rigidità del terreno ecc. Si osservi la seguente figura:



Si vede che le pressioni laterali che sono chiamate a concorrere nell'equilibrio sono la pressione attiva sviluppata a tergo della paratia e la pressione passiva che si sviluppa nella parte anteriore della paratia (Parte di valle della paratia). Il calcolo, sia nell'ambito dei metodi semplificati che nell'ambito di metodi numerici, della spinta a tergo ed a valle della paratia viene solitamente condotto sia con il metodo di Rankine che con il metodo di Coulomb. Si rileva però che il metodo di Coulomb fornisce risultati più accurati in

quanto essendo la paratia un'opera solitamente flessibile, e manifestando quindi spostamenti maggiori si generano fenomeni di attrito all'interfaccia paratia-terreno che possono essere tenuti in conto solo attraverso i coefficienti di spinta di Coulomb. Nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti si deve calcolare anche un coefficiente di reazione del terreno  $k_s$ , oltre che la spinta attiva e passiva del terreno. Se si parla di analisi in condizioni non drenate è inoltre necessario conoscere il valore della coesione non drenata. E' inoltre opportuno considerare che se si vuole tenere debitamente in conto l'attrito tra terreno e opera si deve essere a conoscenza dell'angolo di attrito tra terreno e opera (appunto). In conclusione i parametri (in termini di proprietà del terreno) di cui si deve disporre per effettuare l'analisi sono i seguenti:

1. Angolo di attrito interno del terreno;
2. Coesione del terreno;
3. Peso dell'unità di volume del terreno;
4. Angolo di attrito tra il terreno ed il materiale che costituisce l'opera.

**Calcolo delle spinte.**

Come accennato in uno dei paragrafi precedenti, deve in ogni caso essere effettuato il calcolo della spinta attiva e passiva. Si espone quindi in questa sezione il calcolo delle spinte con il metodo di Coulomb.

**Calcolo della spinta attiva.**

La spinta attiva può essere calcolata con il metodo di Coulomb o alternativamente utilizzando la Teoria di Caquot.

**Metodo di Coulomb.**

Il metodo di Coulomb è capace di tenere in conto le variabili più significative, soprattutto con riguardo al fenomeno attritivo che si genera all'interfaccia paratia-terreno. Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione (valutata alla profondità  $z$ ):

$$\sigma_h(z) = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta totale, che è l'integrale della relazione precedente su tutta l'altezza, è applicata ad  $1/3$  di  $H$  e si calcola con la seguente espressione:

$$S_t(z) = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con  $k_a$  il valore del coefficiente di pressione attiva, determinabile con la seguente relazione:

$$k_a = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right]^2}$$

con  $\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$  secondo Muller - Breslau

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

f = Angolo di resistenza al taglio del terreno;  
 d = Angolo di attrito terreno-paratia positivo se antiorario;  
 e = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria;

**Metodo di Caquot.**

Il metodo di Coulomb risulta essere un metodo sufficientemente accurato per la valutazione dei coefficienti di pressione allo stato limite. Tuttavia soffre dell'ipotesi riguardante la planarità della superficie di scorrimento. Tale ipotesi è rimossa applicando la teoria di Caquot la quale si basa sull'utilizzo di una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica. Secondo questa teoria il coefficiente di pressione attiva si determina utilizzando la seguente formula:

$$K_a = \rho \cdot K_a^{\text{Coulomb}}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- $K_a^{\text{Coulomb}}$  è il coefficiente di pressione attiva calcolato con la teoria di Coulomb;
- $\rho$  è un coefficiente moltiplicativo calcolato con la seguente formula:

$$\rho = \left( \left[ 1 - 0.9 \cdot \lambda^2 - 0.1 \cdot \lambda \right] \cdot \left[ 1 - 0.3 \cdot \lambda^3 \right] \right)^n$$

Dove i simboli sono calcolati con le seguenti formule:

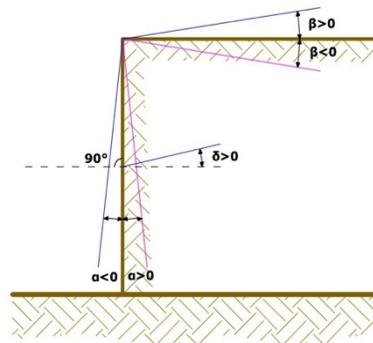
$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi \cdot (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{\cot(\delta) - \sqrt{\cot^2(\delta) - \cot^2(\varphi)}}{1 + \operatorname{cosec}(\varphi)} \right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1} \left( \frac{\sin(\beta)}{\sin(\varphi)} \right)$$

Dove i simboli hanno il seguente significato (vedere anche figura seguente):

- b è l'inclinazione del profilo di monte misurata rispetto all'orizzontale;
- $\varphi$  è l'angolo di attrito interno del terreno spingente;
- $\delta$  è l'angolo di attrito all'interfaccia opera-terreno;



**Carico uniforme sul terrapieno**

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari:

$$\sigma_q(z) = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Integrando la tensione riportata alla formula precedente si ottiene la spinta totale dovuta al sovraccarico:

$$S_q = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)} \cdot H$$

Con punto di applicazione ad H/2 (essendo la distribuzione delle tensioni costante). Nelle precedenti formule i simboli hanno il seguente significato:

- b= Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede
- e= Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria
- ka= Coefficiente di pressione attiva calcolato al paragrafo precedente

**Striscia di carico su pc inclinato**

Il carico agente viene decomposto in un carico ortogonale ed in uno tangenziale al terrapieno, le pressioni indotte sulla parete saranno calcolate come illustrato nei due paragrafi che seguono.

**Striscia di carico ortogonale al piano di azione**

Un carico ripartito in modo parziale di ascissa iniziale  $x_1$  ed ascissa finale  $x_2$  genera un diagramma di pressioni sulla parete i cui valori sono stati determinati secondo la formulazione di Terzaghi, che esprime la pressione alla generica profondità  $z$  come segue:

$$\sigma_q(z) = \frac{Q}{2\pi \times (2\Delta\theta + A)}$$

$$\tau_{xz} = -\frac{Q}{2\pi B}$$

Con:

- $D = q_1 - q_2$ ;
- $A = \text{sen}(2q_1) - \text{sen}(2q_2)$
- $B = \text{cos}(2q_1) - \text{cos}(2q_2)$
- $q_1 = \text{arctg}(z/x_1)$
- $q_2 = \text{arctg}(z/x_2)$

Per integrazione si otterrà la risultante ed il relativo braccio.

**Striscia di carico tangenziale al p.c.**

$$\sigma_x = \frac{t}{2\pi \times (D - 2E)}$$

$T =$  Intensità del carico  $[F/L^2]$

$D = 4 \cdot \log[\text{sen}q_1/\text{sen}q_2]$

$E = \text{sen}^2q_1 - \text{sen}^2q_2$

**Linee di carico sul terrapieno**

Le linee di carico generano un incremento di pressioni sulla parete che secondo BOUSSINESQ, alla profondità  $z$ , possono essere espresse come segue:

$$\sigma_x(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x^2 \cdot z \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

$$\tau_{xz}(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x \cdot z^2 \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$V =$  Intensità del carico espressa in  $[F/L]$ ;

$x =$  Distanza, in proiezione orizzontale, del punto di applicazione del carico dalla parete;

Se il piano di azione è inclinato di  $\epsilon$  e viene ruotato il sistema di riferimento  $xz$  in  $XZ$ , attraverso la seguente trasformazione:

$$\begin{cases} X = x \cdot \cos(\epsilon) - z \cdot \sin(\epsilon) \\ Z = z \cdot \cos(\epsilon) + x \cdot \sin(\epsilon) \end{cases}$$

**Spinta in presenza di falda acquifera**

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base della struttura, induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità  $z$  sono espresse come segue:

$$u(z) = \gamma_w \cdot z$$

La spinta idrostatica totale si ottiene per integrazione su tutta l'altezza della relazione precedente:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

Avendo indicato con  $H$  l'altezza totale di spinta e con  $g_w$  il peso dell'unità di volume dell'acqua. La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $g_t$  con  $g'_t$  ( $g'_t = g_{\text{saturo}} - g_w$ ), peso specifico del materiale immerso in acqua. In condizioni sismiche la sovrappinta esercitata dall'acqua viene valutata nel seguente modo:

$$\Delta S_w = \frac{7}{12} \gamma_w \cdot H_w^2 \cdot C$$

applicata a 2/3 dell'altezza della falda  $H_w$  [Matsuo O'Hara (1960) *Geotecnica*, R. Lancellotta]

**Effetto dovuto alla presenza di coesione**

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -\frac{2 \cdot c}{\sqrt{k_a}}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto della spinta per effetto della coesione. E' stata calcolata l'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma_t \cdot \sqrt{k_a}} - \left\{ \frac{\left[ \frac{Q \cdot \sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)} \right]}{\gamma_t} \right\}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato

$Q$  = Carico agente sul terrapieno eventualmente presente.

$g_t$  = Peso unità di volume del terreno

$b$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

$e$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

$C$  = Coesione del materiale

$k_a$  = Coefficiente di pressione attiva, come calcolato ai passi precedenti

Nel caso in cui si verifichi la circostanza che la  $Z_c$ , calcolata con la formula precedente, sia minore di zero è possibile sovrapporre direttamente gli effetti dei diagrammi, imponendo un decremento al diagramma di spinta originario valutato come segue:

$$S_c = P_c \cdot H$$

Dove si è indicata con il simbolo  $H$  l'altezza totale di spinta.

**Sisma**

**Spinta attiva in condizioni sismiche**

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sulla parete è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

H= altezza di scavo

$k_v$ = coefficiente sismico verticale

g= peso per unità di volume del terreno

K= coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) (vedi Mononobe & Okabe)

$E_{ws}$ = spinta idrostatica dell'acqua

$E_{wd}$ = spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\theta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda (riportata nella sezione relativa al calcolo della spinta idrostatica).

#### Resistenza passiva

Anche per il calcolo della resistenza passiva si possono utilizzare i due metodi usati nel calcolo della pressione allo stato limite attivo (metodo di Coulomb e metodo di Caquot).

#### Metodo di Coulomb

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni in condizioni di stato limite passivo risulta lineare con legge del tipo del tipo:

$$\sigma_p(z) = k_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

Ancora una volta integrando la precedente relazione sull'altezza di spinta (che per le paratie deve essere valutata attentamente) si ottiene la spinta passiva totale:

$$S_t = \frac{1}{2} k_p \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato al solito con H l'altezza di spinta,  $g_t$  il peso dell'unità di volume di terreno e con  $k_p$  il coefficiente di pressione passiva (in condizioni di stato limite passivo). Il valore di questo coefficiente è determinato con la seguente formula:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 - \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)} \right]^2} \\ \text{con } \delta < \beta - \phi - \varepsilon \text{ secondo Muller - Breslau} \end{array} \right.$$

con valori limite pari a:  $d < b - f - e$  (Muller-Breslau).

**Metodo di Caquot**

Il metodo di Caquot differisce dal metodo di Coulomb per il calcolo del coefficiente di pressione allo stato limite passivo. Il coefficiente di pressione passiva viene calcolato, con questo metodo, interpolando i valori della seguente tabella:

Coefficient of passive earth pressure $K_p$ for $\delta = -\varphi$											
$\alpha$ [°]	$\varphi$ [°]	$K_p$ when $\beta^\circ$									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,30	1,70	1,92	2,08						
	20	1,71	2,08	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,81	2,98	3,88	4,22	4,43				
-30	30	2,78	3,42	4,18	5,01	5,98	8,94	7,40			
	35	3,75	4,73	5,87	7,21	8,78	10,80	12,50	13,80		
	40	5,31	8,87	8,77	11,00	13,70	17,20	24,80	25,40	28,40	
	45	8,05	10,70	14,20	18,40	23,80	90,60	38,90	49,10	60,70	69,10
	10	1,36	1,58	1,70							
	15	1,68	1,97	2,20	2,38						
	20	2,13	2,52	2,92	3,22	3,51					
	25	2,78	3,34	3,99	4,80	5,29	5,57				
-20	30	3,78	4,81	8,58	8,81	7,84	9,12	9,77			
	35	5,38	8,89	8,28	10,10	12,20	14,80	17,40	19,00		
	40	8,07	10,40	12,00	18,50	20,00	25,50	38,50	37,80	42,20	
	45	13,2	17,50	22,90	29,80	38,30	48,90	82,30	78,80	97,30	111,04
	10	1,52	1,72	1,83							
	15	1,95	2,23	2,57	2,88						
	20	2,57	2,98	3,42	3,75	4,09					
	25	3,50	4,14	4,90	5,82	8,45	8,81				
-10	30	4,98	8,01	7,19	8,51	10,10	11,70	12,80			
	35	7,47	9,24	11,30	13,80	18,70	20,10	23,70	26,00		
	40	12,0	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,80	
	45	21,2	27,90	38,50	47,20	80,80	77,30	908,20	124,00	153,00	178,00
	10	1,84	1,81	1,93							
	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,28	5,02	5,81	8,72	7,71	8,16				
0	30	8,42	7,69	9,19	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,2	12,60	15,30	18,80	22,30	28,90	31,70	34,90		
	40	17,5	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	78,40	79,10	88,70	
	45	33,5	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
10	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,8	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,5	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,9	69,40	90,90	116,00	148,00	188,00	239,00	303,00	375,00	431,00
	10	1,78	1,89	2,01							
	15	2,58	2,821	3,11	3,30						
	20	3,90	4,38	4,92	5,53	5,83					
20	25	6,18	7,12	8,17	9,39	10,70	11,40				
	30	10,4	12,30	14,40	16,90	20,00	23,20	25,00			
	35	18,7	22,80	27,60	33,30	40,00	48,00	56,80	62,50		
	40	37,2	46,90	58,60	72,50	89,30	111,00	158,00	164,00	185,00	
	45	84,0	110,00	143,00	184,00	234,00	297,00	378,00	478,00	592,00	680,00

**Carico uniforme sul terrapieno**

La resistenza indotta da un carico uniformemente distribuito  $S_q$  vale:

$$S_q = k_p \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione pari a  $H/2$  (essendo il diagramma delle tensioni orizzontali costante per tutta l'altezza). Nella precedente formula  $k_p$  è il coefficiente di spinta passiva valutato al paragrafo precedente.

**Coesione**

La coesione determina un incremento di resistenza pari a:

$$P_c = 2c \cdot \sqrt{k_p}$$

Tale incremento va a sommarsi direttamente al diagramma principale di spinta.

**Metodo dell'equilibrio limite (LEM)**

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel ricercare soluzioni, al problema di verifica o di progetto, che siano compatibili con il solo aspetto statico del problema. In sostanza si ragiona in termini di equilibrio di un corpo rigido, senza preoccuparsi della congruenza cinematica degli spostamenti. I principali schemi di calcolo cui si farà riferimento sono i seguenti:

1. Paratia a sbalzo;
2. Paratia tirantata ad estremo libero;
3. Paratia tirantata ad estremo fisso;

**Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d'infissione limite**

Per paratia non tirantata, la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno che si trova a valle della stessa; dall'equilibrio dei momenti rispetto al centro di rotazione si ottiene:

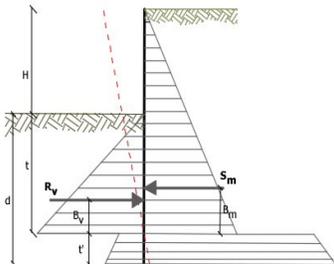
$$S_m \cdot B_m - R_v \cdot B_v = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- $S_m$  = componente orizzontale della spinta attiva;
- $B_m$  = braccio di  $S_m$  rispetto ad O centro di rotazione;
- $R_v$  = componente orizzontale della resistenza passiva;
- $B_v$  = braccio di  $R_v$  rispetto ad O centro di rotazione;

ogni termine risulta funzione di  $t$  dove  $t$  è la profondità del centro di rotazione rispetto al piano di riferimento di valle (piano campagna a valle). La lunghezza necessaria per assicurare l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene aumentando  $t$  come segue:

$$t' = a \cdot t \quad d = t \cdot (1 + a) \quad \text{dove } a = 0.2 \text{ (Metodo di Blum)}$$



**Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva**

La lunghezza d'infissione  $d$  come sopra determinata è relativa alla condizione limite di incipiente collasso, tramite un coefficiente  $F$ . E' possibile introdurre un margine di sicurezza sulle resistenze passive; la riduzione si effettua come segue:

$$S_m \cdot B_m - \frac{R_v}{F} \cdot B_v = 0$$

**Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d'infissione limite**

La stabilità dell'opera è assicurata anche dai tiranti ancorati sulla paratia. Per utilizzare lo schema di calcolo ad estremo libero, la paratia deve essere sufficientemente corta e rigida. La lunghezza di infissione, sarà determinata imponendo l'equilibrio alla rotazione sull'origine del tirante indicato B1

$$S_m \cdot (H+t-B_m-t_m) - R_v \cdot (H+t-B_v-t_m) = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$S_m$  = componente orizzontale spinta attiva;

H= altezza terreno da sostenere;

t= profondità di infissione calcolata;

$B_m$ = braccio di  $S_m$  rispetto alla base della paratia;

$P_m$ = ordinata del punto di applicazione del tirante a monte;

$R_v$  = componente orizzontale della resistenza passiva;

$B_v$  = braccio di  $R_v$ .

Noto t, si determinano  $S_m$  ed  $R_v$  ed il relativo sforzo del tirante.

**Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze passive**

La lunghezza d'infissione sarà ulteriormente aumentata per avere margine di sicurezza in condizioni di esercizio tramite il coefficiente di sicurezza F:

$$S_m \cdot (H+t-B_m-t_m) - \frac{R_v}{F} \cdot (H+t-B_v-t_m) = 0$$

**Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d'infissione limite**

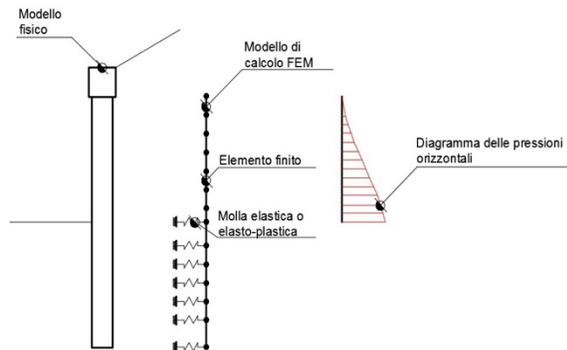
Se la sezione più profonda della paratia non trasla e non ruota può essere assimilata ad un incastro, in tal caso la paratia si definisce ad estremo fisso. Un procedimento elaborato da BLUM consente di ricavare la profondità d'infissione ( $t+t'$ ), imponendo le condizioni cinematiche di spostamenti nulli alla base dell'opera ed all'origine del tirante (B1), e le condizioni statiche di momento e taglio nullo alla base della paratia. Si perviene ad una equazione di 5° grado in ( $t+t'$ ) che può essere risolta in modo agevole.

**Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze**

Per aumentare il fattore di sicurezza sono stati introdotti negli sviluppi numerici, valori delle resistenze passive ridotte.

**Metodo degli elementi finiti (FEM)**

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematica (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidità è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:



Vari aspetti hanno importanza centrale in questo metodo di calcolo. Si riportano nel seguito gli aspetti essenziali.

**Calcolo del modulo di rigidità  $K_s$  del terreno**

Come già detto in precedenza, il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidità  $K_s$  applicate sui nodi dei conci compresi tra il nodo di fondo scavo e l'estremità di infissione. La stima della rigidità  $K_s$  è stata effettuata sulla base della capacità portante delle fondazioni secondo la seguente formula:

$$k_s = A_s + B_s \cdot z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$A_s$  = costante, calcolata come segue  $A_s = C \cdot (c \cdot N_c + 0.5 \cdot G \cdot B \cdot N_g)$

$B_s$  = coefficiente funzione della profondità  $B_s = C \cdot G \cdot N_q$

$Z$  = Profondità in esame

$C$  = 40 nel sistema internazionale SI

$n$  =  $p \cdot \tan j$

$N_q$  =  $\exp[n \cdot (\tan^2(45^\circ + j/2))]$

$N_c$  =  $(N_q - 1) \cdot \cot j$

$N_g$  =  $1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan j$

**Tiranti**

I tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad  $A$  modulo di elasticità  $E$  e lunghezza  $L$ . Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo  $b$  vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cdot \cos(\beta)$$

**Sifonamento**

Il sifonamento è un fenomeno che in una fase iniziale si localizza al piede della paratia, e poi rapidamente si estende nell'intorno del volume resistente. Si verifica quando, per una elevata pressione idrodinamica o di infiltrazione, si annullano le pressioni passive efficaci, con la conseguente perdita di resistenza del terreno. Si assume di norma un fattore di sicurezza  $F_{sif} = 3.5-4$  Indicando con:

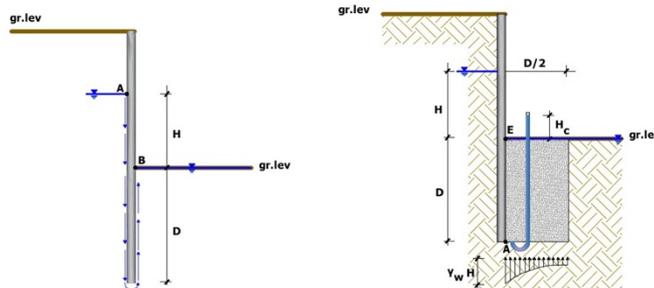
$i_c$  = Gradiente Idraulico critico;

$i_e$  = Gradiente Idraulico in condizioni di esercizio;

Il margine di sicurezza è definito come rapporto tra  $i_c$  ed  $i_e$ , se  $i_e < i_c$  la paratie è stabile.

**Verifica di sollevamento del fondo scavo.**

Nel caso di un diaframma infisso nel terreno, la presenza della falda in posizioni tali da innescare un moto di filtrazione comporta l'instaurarsi di una forza di filtrazione che, se diretta verso l'alto, può annullare il peso del terreno il quale, in assenza di coesione, può essere trascinato dal flusso dell'acqua e compromettere la stabilità dell'opera. Il fenomeno della stabilità del fondo scavo, analogo a quello del sifonamento, è stato affrontato per la prima volta da Terzaghi (1943). A differenza del sifonamento, che è un fenomeno localizzato nel punto di sbocco della prima linea di flusso, quello del sollevamento del fondo scavo si estende per una profondità pari a quella d'infissione della paratia per una larghezza pari a metà di tale infissione.



Per semplificare il problema della determinazione dell'effettivo andamento della pressione interstiziale nel punto A, si assume che il valore della sovrappressione al piede del diaframma sia costante sulla lunghezza  $D/2$  e pari a  $\gamma_w \cdot H_c$ . Per determinare  $H_c$  si ricorre all'espressione del gradiente di efflusso  $i_E$ :

$$i_E = \frac{H_c}{D} = \frac{H}{H + 2D}$$

Da cui si ottiene:

$$H_c = \frac{H \cdot D}{H + 2D}$$

La forza di filtrazione  $S_w$  che tende a sollevare il blocco di terreno coinvolto è pari a:

$$S_w = H_c \cdot \gamma_w \cdot \frac{D}{2}$$

Le condizioni limite di stabilità vengono raggiunte quando  $S_w$  uguaglia il peso efficace del blocco, pertanto il fattore di sicurezza a sollevamento del fondo scavo si definisce come il rapporto tra il peso efficace del blocco e la forza di filtrazione:

$$F_s = \frac{W'}{S_w} = \frac{\gamma' \cdot \frac{D}{2}}{H_c \cdot \gamma_w \cdot \frac{D}{2}} = \frac{\gamma' \cdot D}{H_c \cdot \gamma_w}$$

**GEOMETRIA SEZIONE**

Sezione  
Calcestruzzo  
Acciaio  
Nome Paratia 800  
Diametro  
Disposizione  
Interasse Iy

Circolare Barre  
C28/35  
B450C  
  
0.8 m  
Singola fila  
1 m

**Archivio cordoli ancoraggio tiranti**

Nr.	Descrizione	Materiale	Base [cm]	Altezza [cm]	Altezza [cm <sup>2</sup> ]	Wx [cm <sup>3</sup> ]	Wy [cm <sup>3</sup> ]
1	HE220A	Acciaio	22.00	21.00	64.34	515.21	177.6 9

**Archivio tiranti**

Nr.	Descrizione	Area armatura [cm <sup>2</sup> ]	Diametro foro [m]	Diametro bulbo [m]	Lughezza libera [m]	Lunghezza bulbo [m]	Materiale Acciaio	Materiale Calcestruzzo
1	T sup	8.4	0.15	0.225	9.3	8	C1860	C25/30
2	T medio	8.4	0.15	0.225	6.3	10	C1860	C25/30
3	T inf	8.4	0.15	0.225	4.3	11	C1860	C25/30

**Dati generali FEM**

Massimo spostamento lineare terreno 0.5 cm  
 Fattore tolleranza spostamento 4.4 cm  
 Tipo analisi Non lineare  
 Massimo numero di iterazioni 10  
 Fattore riduzione molla fondo scavo 1  
 Profondità infissione iniziale 7.2 m  
 Incremento profondità infissione 0.2 m  
 Numero di elementi 64  
 Numero nodo di fondo scavo 35

**Stratigrafia**

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	IAS

Fase: 2

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	IAS

Fase: 3

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	IAS

Fase: 4

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	IAS

Fase: 5

Nr.	Peso specifico	Peso specifico	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito	O.C.R.	Modulo edometrico	Attrito terra	Attrito terra	Spessore [m]	Inclinazione	Descrizione

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{saturo}$ [kN/m <sup>3</sup> ]		$\alpha$ [°]		$c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	muro monte [°]	muro valle [°]		$\beta$ [°]	
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	LA

Fase: 6

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometri co [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	LA

Fase: 7

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico o saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometri co [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	LA

**Tiranti**

Fase: 2

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50

Fase: 3

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50

Fase: 4

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100

Fase: 5

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100

Fase: 6

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100
T inferiore	0	-7	15	2	25	0	T inf	1	Attivo	150

Fase: 7

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100
T inferiore	0	-7	15	2	25	0	T inf	1	Attivo	150

**Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM**

Profondità massima di infissione

7.2 [m]

**Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7 [m]

**Altezza scavo**

1.5 [m]

Tipo: S.L.U. [STR]

Nome: Al+M1+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

14.50 [m]

Pressione massima terreno

10.27 [kPa]

Momento massimo

15.13 [kNm/m]

Taglio massimo

8.49 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	1.71	5.19	-0.02	-0.50	0.0415	--
0.52	3.42	10.38	-0.15	-1.37	0.0388	--
0.78	5.13	15.57	-0.51	-2.70	0.0361	--
1.04	6.84	19.76	-1.21	-4.46	0.0334	--
1.29	8.56	24.95	-2.36	-6.64	0.0307	--
1.55	10.27	30.14	-4.08	-8.49	0.0281	6441.47
1.81	--	35.33	-6.28	-7.80	0.0255	10512.97
2.07	-3.35	40.52	-8.30	-6.93	0.0229	14584.48
2.33	-3.82	45.71	-10.09	-5.94	0.0205	18655.98
2.59	-4.12	49.90	-11.63	-4.87	0.0181	22727.49
2.85	-4.26	55.09	-12.89	-3.78	0.0159	26798.99
3.11	-4.26	60.28	-13.87	-2.67	0.0138	30870.50
3.36	-4.14	65.46	-14.56	-1.60	0.0118	34942.00
3.62	-3.91	70.65	-14.98	-0.59	0.0100	39013.51
3.88	-3.61	75.84	-15.13	0.34	0.0084	43085.02
4.14	-3.24	81.03	-15.04	1.18	0.0069	47156.52
4.40	-2.83	85.22	-14.74	1.91	0.0055	51228.03
4.66	-2.40	90.41	-14.24	2.54	0.0043	55299.54
4.92	-1.95	95.60	-13.58	3.04	0.0033	59371.04
5.18	-1.51	100.79	-12.80	3.43	0.0024	63442.55
5.44	-1.08	105.98	-11.91	3.71	0.0016	67514.05
5.69	-0.68	111.17	-10.95	3.89	0.0010	71585.56
5.95	-0.31	115.36	-9.94	3.97	0.0004	75657.06
6.21	0.02	120.55	-8.92	3.96	0.0000	79728.57
6.47	0.31	125.74	-7.89	3.88	-0.0004	83800.07
6.73	0.56	130.93	-6.89	3.74	-0.0006	87871.57
6.99	0.76	136.12	-5.92	3.54	-0.0008	91943.08
7.25	0.92	141.31	-5.00	3.30	-0.0010	96014.58
7.51	1.04	145.50	-4.15	3.03	-0.0010	100086.10
7.76	1.12	166.69	-3.36	2.74	-0.0011	104157.60
8.02	1.17	169.88	-2.65	2.44	-0.0011	108229.10
8.28	1.18	173.07	-2.02	2.13	-0.0011	112300.60
8.54	1.17	176.26	-1.47	1.83	-0.0010	116372.10
8.80	1.14	179.45	-1.00	1.56	-0.0009	120443.60
9.04	1.09	182.40	-0.62	1.29	-0.0009	124219.00
9.28	1.03	185.36	-0.31	1.05	-0.0008	127994.40
9.52	0.96	188.32	-0.06	0.82	-0.0007	131769.80
9.76	0.89	191.28	0.14	0.61	-0.0007	135545.20
10.00	0.56	194.23	0.28	0.47	-0.0006	95833.60
10.24	0.50	197.19	0.39	0.35	-0.0005	97976.23
10.48	0.44	200.15	0.48	0.24	-0.0004	100118.80
10.72	0.39	203.11	0.54	0.15	-0.0004	102261.50
10.96	0.33	206.06	0.57	0.07	-0.0003	104404.10
11.20	0.28	209.02	0.59	0.00	-0.0003	106546.70

11.44	0.23	211.98	0.59	-0.05	-0.0002	108689.30
11.68	0.19	214.94	0.58	-0.10	-0.0002	110832.00
11.92	0.15	217.89	0.55	-0.13	-0.0001	112974.60
12.16	0.11	220.85	0.52	-0.16	-0.0001	115117.20
12.40	0.08	223.81	0.49	-0.18	-0.0001	117259.80
12.64	0.05	226.77	0.44	-0.19	0.0000	119402.40
12.88	0.02	229.73	0.40	-0.19	0.0000	121545.10
13.12	0.00	232.68	0.35	-0.19	0.0000	123687.70
13.36	-0.02	235.64	0.30	-0.19	0.0000	125830.30
13.60	-0.03	238.60	0.26	-0.18	0.0000	127972.90
13.84	-0.05	241.56	0.22	-0.17	0.0000	130115.50
14.08	-0.06	244.51	0.17	-0.16	0.0000	132258.20
14.32	-0.07	247.47	0.14	-0.14	0.0000	134400.80
14.56	-0.07	250.43	0.10	-0.12	0.0001	136543.40
14.80	-0.08	253.39	0.07	-0.10	0.0001	138686.00
15.04	-0.09	256.34	0.05	-0.08	0.0001	140828.60
15.28	-0.09	259.30	0.03	-0.06	0.0001	142971.30
15.52	-0.10	262.26	0.01	-0.04	0.0001	145113.90
15.76	-0.10	265.22	0.00	-0.01	0.0001	147256.50

**Fase: 1 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte  
Profondità di valle

-7.7 [m]  
-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR]  
Nome: A2+M2+R1

1.5 [m]

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

14.50 [m]

Pressione massima terreno

10.44 [kPa]

Momento massimo

17.83 [kNm/m]

Taglio massimo

8.76 [KN/m]

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	1.74	5.19	-0.01	-0.53	0.0629	--
0.52	3.48	11.38	-0.15	-1.39	0.0593	--
0.78	5.22	16.57	-0.51	-2.74	0.0556	--
1.04	6.96	22.76	-1.22	-4.52	0.0520	--
1.29	8.70	27.95	-2.39	-6.75	0.0484	--
1.55	10.44	34.14	-4.14	-8.76	0.0448	2455.96
1.81	--	39.33	-6.40	-8.24	0.0412	4580.85
2.07	-2.53	45.52	-8.53	-7.60	0.0377	6705.73
2.33	-3.03	50.71	-10.50	-6.80	0.0343	8830.62
2.59	-3.40	55.90	-12.26	-5.94	0.0310	10955.50
2.85	-3.65	62.09	-13.80	-4.99	0.0279	13080.38
3.11	-3.78	67.28	-15.09	-4.04	0.0249	15205.27
3.36	-3.81	73.46	-16.14	-3.05	0.0220	17330.15
3.62	-3.75	78.65	-16.92	-2.08	0.0193	19455.04
3.88	-3.62	84.84	-17.46	-1.15	0.0168	21579.93
4.14	-3.42	90.03	-17.76	-0.27	0.0144	23704.81
4.40	-3.16	95.22	-17.83	0.55	0.0122	25829.70

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

4.66	-2.87	101.41	-17.69	1.29	0.0103	27954.58
4.92	-2.55	106.60	-17.35	1.95	0.0085	30079.47
5.18	-2.21	112.79	-16.85	2.52	0.0068	32204.36
5.44	-1.85	117.98	-16.20	3.00	0.0054	34329.24
5.69	-1.50	124.17	-15.42	3.39	0.0041	36454.13
5.95	-1.16	129.36	-14.54	3.69	0.0030	38579.01
6.21	-0.83	135.55	-13.58	3.91	0.0020	40703.89
6.47	-0.51	140.74	-12.57	4.04	0.0012	42828.78
6.73	-0.22	145.93	-11.53	4.10	0.0005	44953.66
6.99	0.04	152.12	-10.47	4.09	-0.0001	47078.55
7.25	0.27	157.31	-9.41	4.02	-0.0006	49203.43
7.51	0.48	163.50	-8.37	3.89	-0.0009	51328.31
7.76	0.65	189.69	-7.36	3.72	-0.0012	53453.20
8.02	0.80	192.88	-6.40	3.52	-0.0014	55578.08
8.28	0.92	196.07	-5.49	3.28	-0.0016	57702.96
8.54	1.00	199.26	-4.64	3.02	-0.0017	59827.85
8.80	1.07	202.45	-3.86	2.76	-0.0017	61952.73
9.04	1.10	205.40	-3.20	2.50	-0.0017	63923.08
9.28	1.12	208.36	-2.60	2.23	-0.0017	65893.43
9.52	1.12	211.32	-2.06	1.96	-0.0017	67863.77
9.76	1.11	214.28	-1.59	1.70	-0.0016	69834.12
10.00	0.86	217.23	-1.19	1.49	-0.0015	71804.47
10.24	0.82	220.19	-0.83	1.29	-0.0014	73774.82
10.48	0.78	223.15	-0.52	1.10	-0.0013	75745.17
10.72	0.74	226.11	-0.25	0.93	-0.0012	77715.52
10.96	0.69	229.06	-0.03	0.76	-0.0011	79685.87
11.20	0.64	232.02	0.15	0.61	-0.0010	81656.22
11.44	0.58	234.98	0.30	0.46	-0.0009	83626.57
11.68	0.53	237.94	0.41	0.34	-0.0008	85596.92
11.92	0.48	240.89	0.49	0.22	-0.0007	87567.27
12.16	0.42	243.85	0.54	0.12	-0.0006	89537.62
12.40	0.37	246.81	0.57	0.03	-0.0005	91507.97
12.64	0.32	249.77	0.58	-0.04	-0.0004	93478.32
12.88	0.26	252.73	0.57	-0.11	-0.0004	95448.67
13.12	0.22	255.68	0.54	-0.16	-0.0003	97419.02
13.36	0.17	258.64	0.51	-0.20	-0.0002	99389.37
13.60	0.12	261.60	0.46	-0.23	-0.0002	101359.72
13.84	0.08	264.56	0.40	-0.25	-0.0001	103330.07
14.08	0.04	267.51	0.35	-0.25	0.0000	105300.42
14.32	-0.01	270.47	0.28	-0.25	0.0000	107270.77
14.56	-0.05	273.43	0.22	-0.24	0.0001	109241.12
14.80	-0.09	276.39	0.17	-0.22	0.0001	111211.47
15.04	-0.13	279.34	0.11	-0.19	0.0002	113181.82
15.28	-0.17	282.30	0.07	-0.15	0.0002	115152.17
15.52	-0.21	285.26	0.03	-0.10	0.0002	117122.52
15.76	-0.25	288.22	0.01	-0.04	0.0003	119092.87

**Fase: 1 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E.

Nome: SLE

Coefficienti sismici:

1.5 [m]

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	14.50 [m]
Pressione massima terreno	7.90 [kPa]
Momento massimo	11.64 [kNm/m]
Taglio massimo	6.53 [KN/m]

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	1.32	5.19	-0.02	-0.38	0.0319	--
0.52	2.63	10.38	-0.12	-1.06	0.0298	--
0.78	3.95	15.57	-0.39	-2.08	0.0278	--
1.04	5.27	19.76	-0.93	-3.43	0.0257	--
1.29	6.58	24.95	-1.82	-5.12	0.0237	--
1.55	7.90	30.14	-3.14	-6.53	0.0216	6441.47
1.81	--	35.33	-4.83	-6.00	0.0196	10512.97
2.07	-2.57	40.52	-6.38	-5.33	0.0176	14584.48
2.33	-2.94	45.71	-7.76	-4.57	0.0158	18655.98
2.59	-3.17	49.90	-8.95	-3.75	0.0139	22727.49
2.85	-3.28	55.09	-9.92	-2.91	0.0122	26798.99
3.11	-3.28	60.28	-10.67	-2.06	0.0106	30870.50
3.36	-3.18	65.46	-11.20	-1.24	0.0091	34942.00
3.62	-3.01	70.65	-11.52	-0.46	0.0077	39013.51
3.88	-2.77	75.84	-11.64	0.26	0.0064	43085.02
4.14	-2.49	81.03	-11.57	0.91	0.0053	47156.52
4.40	-2.18	85.22	-11.34	1.47	0.0043	51228.03
4.66	-1.84	90.41	-10.95	1.95	0.0033	55299.54
4.92	-1.50	95.60	-10.45	2.34	0.0025	59371.04
5.18	-1.16	100.79	-9.84	2.64	0.0018	63442.55
5.44	-0.83	105.98	-9.16	2.85	0.0012	67514.05
5.69	-0.52	111.17	-8.42	2.99	0.0007	71585.56
5.95	-0.24	115.36	-7.65	3.05	0.0003	75657.06
6.21	0.02	120.55	-6.86	3.05	0.0000	79728.57
6.47	0.24	125.74	-6.07	2.99	-0.0003	83800.07
6.73	0.43	130.93	-5.30	2.87	-0.0005	87871.57
6.99	0.59	136.12	-4.55	2.72	-0.0006	91943.08
7.25	0.71	141.31	-3.85	2.54	-0.0007	96014.58
7.51	0.80	145.50	-3.19	2.33	-0.0008	100086.10
7.76	0.86	166.69	-2.59	2.11	-0.0008	104157.60
8.02	0.90	169.88	-2.04	1.88	-0.0008	108229.10
8.28	0.91	173.07	-1.55	1.64	-0.0008	112300.60
8.54	0.90	176.26	-1.13	1.41	-0.0008	116372.10
8.80	0.88	179.45	-0.77	1.20	-0.0007	120443.60
9.04	0.84	182.40	-0.48	1.00	-0.0007	124219.00
9.28	0.79	185.36	-0.24	0.81	-0.0006	127994.40
9.52	0.74	188.32	-0.05	0.63	-0.0006	131769.80
9.76	0.68	191.28	0.10	0.47	-0.0005	135545.20
10.00	0.43	194.23	0.22	0.36	-0.0004	95833.60
10.24	0.38	197.19	0.30	0.27	-0.0004	97976.23
10.48	0.34	200.15	0.37	0.19	-0.0003	100118.80
10.72	0.30	203.11	0.41	0.12	-0.0003	102261.50
10.96	0.25	206.06	0.44	0.05	-0.0002	104404.10
11.20	0.21	209.02	0.45	0.00	-0.0002	106546.70
11.44	0.18	211.98	0.45	-0.04	-0.0002	108689.30
11.68	0.14	214.94	0.44	-0.07	-0.0001	110832.00
11.92	0.11	217.89	0.43	-0.10	-0.0001	112974.60
12.16	0.08	220.85	0.40	-0.12	-0.0001	115117.20
12.40	0.06	223.81	0.37	-0.14	-0.0001	117259.80
12.64	0.04	226.77	0.34	-0.14	0.0000	119402.40
12.88	0.02	229.73	0.31	-0.15	0.0000	121545.10
13.12	0.00	232.68	0.27	-0.15	0.0000	123687.70
13.36	-0.01	235.64	0.23	-0.15	0.0000	125830.30
13.60	-0.03	238.60	0.20	-0.14	0.0000	127972.90
13.84	-0.04	241.56	0.17	-0.13	0.0000	130115.50
14.08	-0.04	244.51	0.13	-0.12	0.0000	132258.20
14.32	-0.05	247.47	0.10	-0.11	0.0000	134400.80
14.56	-0.06	250.43	0.08	-0.10	0.0000	136543.40
14.80	-0.06	253.39	0.06	-0.08	0.0000	138686.00
15.04	-0.07	256.34	0.04	-0.06	0.0000	140828.60
15.28	-0.07	259.30	0.02	-0.05	0.0000	142971.30
15.52	-0.08	262.26	0.01	-0.03	0.0001	145113.90
15.76	-0.08	265.22	0.00	-0.01	0.0001	147256.50

**Fase: 2 Analisi geotecnica Fase: 2 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**  
 Profondità di monte  
 Profondità di valle

-7.7 [m]  
 -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR]  
 Nome: Al+M1+R1  
 Coefficienti sismici:

1.5 [m]

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	14.50 [m]
Pressione massima terreno	5.64 [kPa]
Momento massimo	20.31 [kNm/m]
Taglio massimo	15.77 [kN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore	
Reazione tirante	50.00 [kN]
Fattore sicurezza	6.08

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	4.14	0.00	-0.46	-0.0558	--
0.52	--	9.33	-0.12	-1.35	-0.0522	--
0.78	--	14.52	-0.47	-2.69	-0.0485	--
1.04	--	18.71	-1.17	15.77	-0.0449	--
1.29	--	23.90	2.91	13.50	-0.0412	--
1.55	--	29.09	6.41	10.97	-0.0376	6441.47
1.81	--	34.28	9.24	10.02	-0.0341	10512.97
2.07	4.46	39.47	11.84	8.87	-0.0306	14584.48
2.33	5.09	44.66	14.13	7.55	-0.0273	18655.98
2.59	5.47	48.85	16.09	6.13	-0.0241	22727.49
2.85	5.64	54.04	17.68	4.67	-0.0211	26798.99
3.11	5.62	59.22	18.88	3.21	-0.0182	30870.50
3.36	5.44	64.41	19.71	1.81	-0.0156	34942.00
3.62	5.12	69.60	20.18	0.48	-0.0131	39013.51
3.88	4.69	74.79	20.31	-0.73	-0.0109	43085.02
4.14	4.17	79.98	20.12	-1.81	-0.0088	47156.52
4.40	3.60	84.17	19.65	-2.74	-0.0070	51228.03
4.66	2.99	89.36	18.94	-3.51	-0.0054	55299.54
4.92	2.36	94.55	18.03	-4.12	-0.0040	59371.04
5.18	1.74	99.74	16.96	-4.57	-0.0027	63442.55
5.44	1.13	104.93	15.78	-4.86	-0.0017	67514.05
5.69	0.55	110.12	14.52	-5.01	-0.0008	71585.56
5.95	0.01	114.31	13.22	-5.01	0.0000	75657.06
6.21	-0.48	119.50	11.93	-4.89	0.0006	79728.57
6.47	-0.92	124.69	10.66	-4.73	0.0011	83800.07
6.73	-1.30	129.88	9.44	-4.54	0.0015	87871.57
6.99	-1.62	135.07	8.26	-4.32	0.0018	91943.08
7.25	-1.89	140.26	7.14	-4.07	0.0020	96014.58
7.51	-2.09	144.45	6.09	-3.80	0.0021	100086.10
7.76	-2.25	165.64	5.11	-3.51	0.0022	104157.60
8.02	-2.35	168.83	4.20	-3.20	0.0022	108229.10
8.28	-2.40	172.02	3.37	-2.89	0.0021	112300.60
8.54	-2.41	175.21	2.62	-2.57	0.0021	116372.10
8.80	-2.38	178.40	1.96	-2.27	0.0020	120443.60
9.04	-2.32	181.35	1.41	-1.98	0.0019	124219.00
9.28	-2.24	184.31	0.94	-1.69	0.0017	127994.40

9.52	-2.14	187.27	0.53	-1.41	0.0016	131769.80
9.76	-2.02	190.23	0.20	-1.14	0.0015	135545.20
10.00	-1.30	193.18	-0.08	-0.96	0.0014	95833.60
10.24	-1.20	196.14	-0.31	-0.79	0.0012	97976.23
10.48	-1.10	199.10	-0.50	-0.63	0.0011	100118.80
10.72	-0.99	202.06	-0.65	-0.49	0.0010	102261.50
10.96	-0.88	205.01	-0.76	-0.35	0.0008	104404.10
11.20	-0.78	207.97	-0.85	-0.23	0.0007	106546.70
11.44	-0.68	210.93	-0.90	-0.12	0.0006	108689.30
11.68	-0.59	213.89	-0.93	-0.03	0.0005	110832.00
11.92	-0.50	216.84	-0.94	0.06	0.0004	112974.60
12.16	-0.41	219.80	-0.93	0.13	0.0004	115117.20
12.40	-0.33	222.76	-0.89	0.19	0.0003	117259.80
12.64	-0.26	225.72	-0.85	0.24	0.0002	119402.40
12.88	-0.20	228.68	-0.79	0.28	0.0002	121545.10
13.12	-0.14	231.63	-0.72	0.32	0.0001	123687.70
13.36	-0.08	234.59	-0.65	0.34	0.0001	125830.30
13.60	-0.03	237.55	-0.56	0.35	0.0000	127972.90
13.84	0.01	240.51	-0.48	0.34	0.0000	130115.50
14.08	0.05	243.46	-0.40	0.33	0.0000	132258.20
14.32	0.08	246.42	-0.32	0.31	-0.0001	134400.80
14.56	0.12	249.38	-0.25	0.28	-0.0001	136543.40
14.80	0.15	252.34	-0.18	0.25	-0.0001	138686.00
15.04	0.18	255.29	-0.12	0.20	-0.0001	140828.60
15.28	0.21	258.25	-0.07	0.16	-0.0001	142971.30
15.52	0.24	261.21	-0.03	0.10	-0.0002	145113.90
15.76	0.26	264.17	-0.01	0.04	-0.0002	147256.50

**Fase: 2 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR] 1.5 [m]

Nome: A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

**Coefficienti parziali azioni**

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 14.50 [m]  
 Pressione massima terreno 4.31 [kPa]  
 Momento massimo 20.43 [kNm/m]  
 Taglio massimo 14.37 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08

**Sollecitazioni**

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	3.79	0.00	-0.48	-0.0725	--
0.52	--	9.98	-0.12	-1.39	-0.0683	--
0.78	--	15.17	-0.48	-2.77	-0.0641	--
1.04	--	21.36	-1.19	14.37	-0.0599	--
1.29	--	26.55	2.53	12.08	-0.0556	--
1.55	--	32.74	5.65	9.69	-0.0514	2455.96
1.81	--	37.93	8.16	9.12	-0.0473	4580.85
2.07	2.90	44.12	10.52	8.36	-0.0432	6705.73
2.33	3.46	49.31	12.69	7.45	-0.0392	8830.62
2.59	3.88	54.50	14.61	6.46	-0.0354	10955.50
2.85	4.15	60.68	16.29	5.40	-0.0317	13080.38
3.11	4.29	65.87	17.69	4.28	-0.0282	15205.27
3.36	4.31	72.06	18.79	3.18	-0.0249	17330.15
3.62	4.23	77.25	19.62	2.08	-0.0217	19455.04
3.88	4.06	83.44	20.15	1.04	-0.0188	21579.93
4.14	3.81	88.63	20.42	0.04	-0.0161	23704.81
4.40	3.51	93.82	20.43	-0.86	-0.0136	25829.70
4.66	3.15	100.01	20.21	-1.67	-0.0113	27954.58
4.92	2.76	105.20	19.77	-2.39	-0.0092	30079.47
5.18	2.34	111.39	19.15	-3.00	-0.0073	32204.36
5.44	1.91	116.58	18.38	-3.49	-0.0056	34329.24
5.69	1.48	122.77	17.47	-3.88	-0.0041	36454.13
5.95	1.06	127.96	16.47	-4.15	-0.0027	38579.01
6.21	0.64	134.15	15.40	-4.32	-0.0016	40703.89
6.47	0.25	139.34	14.28	-4.38	-0.0006	42828.78
6.73	-0.12	144.53	13.15	-4.35	0.0003	44953.66
6.99	-0.46	150.72	12.02	-4.24	0.0010	47078.55
7.25	-0.78	155.91	10.92	-4.11	0.0016	49203.43
7.51	-1.05	162.10	9.86	-3.96	0.0021	51328.31
7.76	-1.30	188.29	8.83	-3.80	0.0024	53453.20
8.02	-1.51	191.48	7.85	-3.61	0.0027	55578.08
8.28	-1.69	194.67	6.91	-3.41	0.0029	57702.96
8.54	-1.83	197.86	6.03	-3.20	0.0031	59827.85
8.80	-1.94	201.05	5.20	-2.99	0.0031	61952.73
9.04	-2.01	204.00	4.48	-2.77	0.0031	63923.08
9.28	-2.06	206.96	3.82	-2.55	0.0031	65893.43
9.52	-2.08	209.92	3.21	-2.32	0.0031	67863.77
9.76	-2.09	212.88	2.65	-2.09	0.0030	69834.12
10.00	-1.63	215.83	2.15	-1.90	0.0029	71804.47
10.24	-1.59	218.79	1.69	-1.71	0.0028	73774.82
10.48	-1.54	221.75	1.28	-1.53	0.0026	75745.17
10.72	-1.48	224.71	0.91	-1.35	0.0025	77715.52
10.96	-1.42	227.66	0.59	-1.17	0.0023	79685.87
11.20	-1.34	230.62	0.31	-1.01	0.0021	81656.22
11.44	-1.26	233.58	0.07	-0.84	0.0020	83626.57
11.68	-1.17	236.54	-0.14	-0.69	0.0018	85596.92
11.92	-1.08	239.49	-0.30	-0.54	0.0016	87567.27
12.16	-0.99	242.45	-0.43	-0.41	0.0015	89537.62
12.40	-0.90	245.41	-0.53	-0.28	0.0013	91507.97
12.64	-0.80	248.37	-0.60	-0.16	0.0011	93478.32
12.88	-0.71	251.32	-0.64	-0.06	0.0010	95448.67
13.12	-0.61	254.28	-0.65	0.04	0.0008	97419.02
13.36	-0.52	257.24	-0.64	0.12	0.0007	99389.37
13.60	-0.42	260.20	-0.61	0.19	0.0006	101359.72
13.84	-0.33	263.16	-0.56	0.25	0.0004	103330.07
14.08	-0.23	266.11	-0.50	0.30	0.0003	105300.42
14.32	-0.14	269.07	-0.43	0.33	0.0002	107270.77
14.56	-0.05	272.03	-0.35	0.35	0.0001	109241.12
14.80	0.04	274.99	-0.27	0.34	-0.0001	111211.47
15.04	0.14	277.94	-0.19	0.30	-0.0002	113181.82
15.28	0.23	280.90	-0.11	0.25	-0.0003	115152.17
15.52	0.33	283.86	-0.06	0.17	-0.0004	117122.52
15.76	0.43	286.82	-0.02	0.06	-0.0005	119092.87

**Fase: 2 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7[m]

**Altezza scavo**

1.5 [m]

Tipo: S.L.E.

Nome: SLE

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0

6	T superiore	1
---	-------------	---

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 14.50 [m]  
 Pressione massima terreno 6.37 [kPa]  
 Momento massimo 22.91 [kNm/m]  
 Taglio massimo 16.28 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	--	4.01	0.00	-0.36	-0.0628	--
0.52	--	9.20	-0.09	-1.06	-0.0587	--
0.78	--	14.39	-0.37	-2.10	-0.0546	--
1.04	--	18.58	-0.91	16.28	-0.0505	--
1.29	--	23.77	3.31	14.52	-0.0464	--
1.55	--	28.96	7.07	12.44	-0.0424	6441.47
1.81	--	34.14	10.29	11.38	-0.0384	10512.97
2.07	5.03	39.33	13.23	10.08	-0.0345	14584.48
2.33	5.74	44.52	15.84	8.59	-0.0307	18655.98
2.59	6.17	48.71	18.07	6.98	-0.0272	22727.49
2.85	6.37	53.90	19.87	5.34	-0.0238	26798.99
3.11	6.35	59.09	21.26	3.68	-0.0206	30870.50
3.36	6.15	64.28	22.21	2.10	-0.0176	34942.00
3.62	5.79	69.47	22.76	0.60	-0.0148	39013.51
3.88	5.31	74.66	22.91	-0.77	-0.0123	43085.02
4.14	4.74	79.85	22.71	-2.00	-0.0101	47156.52
4.40	4.10	84.04	22.19	-3.06	-0.0080	51228.03
4.66	3.43	89.23	21.40	-3.95	-0.0062	55299.54
4.92	2.73	94.42	20.38	-4.65	-0.0046	59371.04
5.18	2.04	99.61	19.17	-5.18	-0.0032	63442.55
5.44	1.37	104.80	17.83	-5.54	-0.0020	67514.05
5.69	0.73	109.99	16.40	-5.73	-0.0010	71585.56
5.95	0.14	114.18	14.92	-5.76	-0.0002	75657.06
6.21	-0.39	119.37	13.43	-5.67	0.0005	79728.57
6.47	-0.87	124.56	11.96	-5.50	0.0010	83800.07
6.73	-1.28	129.75	10.54	-5.28	0.0015	87871.57
6.99	-1.62	134.94	9.17	-5.02	0.0018	91943.08
7.25	-1.90	140.13	7.87	-4.71	0.0020	96014.58
7.51	-2.11	144.32	6.65	-4.37	0.0021	100086.10
7.76	-2.27	165.51	5.52	-4.01	0.0022	104157.60
8.02	-2.37	168.69	4.48	-3.63	0.0022	108229.10
8.28	-2.41	171.88	3.54	-3.24	0.0021	112300.60
8.54	-2.41	175.07	2.71	-2.85	0.0021	116372.10
8.80	-2.37	178.26	1.97	-2.49	0.0020	120443.60
9.04	-2.31	181.22	1.37	-2.13	0.0019	124219.00
9.28	-2.22	184.18	0.86	-1.79	0.0017	127994.40
9.52	-2.11	187.14	0.43	-1.47	0.0016	131769.80
9.76	-1.98	190.09	0.08	-1.16	0.0015	135545.20
10.00	-1.27	193.05	-0.20	-0.96	0.0013	95833.60
10.24	-1.16	196.01	-0.43	-0.77	0.0012	97976.23
10.48	-1.05	198.97	-0.61	-0.60	0.0011	100118.80
10.72	-0.94	201.92	-0.76	-0.44	0.0009	102261.50
10.96	-0.84	204.88	-0.86	-0.30	0.0008	104404.10

11.20	-0.73	207.84	-0.94	-0.18	0.0007	106546.70
11.44	-0.63	210.80	-0.98	-0.07	0.0006	108689.30
11.68	-0.54	213.76	-1.00	0.03	0.0005	110832.00
11.92	-0.45	216.71	-0.99	0.11	0.0004	112974.60
12.16	-0.37	219.67	-0.96	0.18	0.0003	115117.20
12.40	-0.29	222.63	-0.92	0.23	0.0002	117259.80
12.64	-0.22	225.59	-0.86	0.28	0.0002	119402.40
12.88	-0.16	228.54	-0.80	0.31	0.0001	121545.10
13.12	-0.10	231.50	-0.72	0.34	0.0001	123687.70
13.36	-0.05	234.46	-0.64	0.35	0.0000	125830.30
13.60	-0.01	237.42	-0.56	0.35	0.0000	127972.90
13.84	0.03	240.37	-0.47	0.35	0.0000	130115.50
14.08	0.06	243.33	-0.39	0.33	0.0000	132258.20
14.32	0.10	246.29	-0.31	0.31	-0.0001	134400.80
14.56	0.13	249.25	-0.24	0.28	-0.0001	136543.40
14.80	0.15	252.20	-0.17	0.24	-0.0001	138686.00
15.04	0.18	255.16	-0.11	0.20	-0.0001	140828.60
15.28	0.20	258.12	-0.07	0.15	-0.0001	142971.30
15.52	0.23	261.08	-0.03	0.09	-0.0002	145113.90
15.76	0.25	264.03	-0.01	0.03	-0.0002	147256.50

**Fase: 3 Analisi geotecnica Fase: 3 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR] 4.5 [m]  
 Nome: Al+M1+R1  
 Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0  
 Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 25.49 [kPa]  
 Momento massimo 35.47 [kNm/m]  
 Taglio massimo 26.18 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore  
 Reazione tirante 62.81 [KN]  
 Fattore sicurezza 4.84

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	--	6.91	0.00	-0.41	0.0723	--
0.52	--	12.10	-0.11	-1.29	0.0726	--
0.78	--	17.28	-0.44	-2.61	0.0730	--
1.04	--	21.47	-1.12	26.18	0.0733	--

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

1.29	--	26.66	5.65	23.97	0.0737	--
1.55	--	31.85	11.86	21.31	0.0740	--
1.81	11.98	37.04	17.38	18.85	0.0741	--
2.07	9.23	42.23	22.26	16.32	0.0741	--
2.33	10.31	47.42	26.48	13.61	0.0739	--
2.59	11.64	51.61	30.00	10.62	0.0734	--
2.85	13.18	56.80	32.75	7.19	0.0726	--
3.11	14.91	61.99	34.62	3.31	0.0714	--
3.36	16.81	67.18	35.47	-1.04	0.0699	--
3.62	18.84	72.37	35.20	-5.92	0.0680	--
3.88	20.98	77.56	33.67	-11.34	0.0658	--
4.14	23.21	82.75	30.73	-17.35	0.0632	--
4.40	25.49	86.94	26.24	-22.33	0.0603	4400.39
4.66	--	92.13	20.46	-22.03	0.0571	7181.77
4.92	-5.36	97.32	14.76	-21.27	0.0538	9963.15
5.18	-6.40	102.51	9.25	-20.06	0.0502	12744.54
5.44	-7.24	107.70	4.06	-18.49	0.0466	15525.92
5.69	-7.86	112.89	-0.73	-16.59	0.0429	18307.31
5.95	-8.29	117.08	-5.02	-14.47	0.0393	21088.69
6.21	-8.52	122.27	-8.77	-12.25	0.0357	23870.07
6.47	-8.57	127.46	-11.94	-10.12	0.0322	26651.46
6.73	-8.47	132.65	-14.56	-8.07	0.0288	29432.84
6.99	-8.22	137.83	-16.65	-6.15	0.0255	32214.23
7.25	-7.85	143.02	-18.24	-4.36	0.0224	34995.61
7.51	-7.39	147.21	-19.36	-2.69	0.0196	37777.00
7.76	-6.84	168.40	-20.06	-1.22	0.0169	40558.38
8.02	-6.23	171.59	-20.37	0.09	0.0144	43339.77
8.28	-5.58	174.78	-20.35	1.24	0.0121	46121.15
8.54	-4.91	177.97	-20.03	2.20	0.0100	48902.54
8.80	-4.23	181.16	-19.46	2.95	0.0082	51683.92
9.04	-3.60	184.12	-18.75	3.55	0.0066	54263.02
9.28	-2.99	187.08	-17.90	4.03	0.0053	56842.12
9.52	-2.40	190.03	-16.94	4.37	0.0040	59421.21
9.76	-1.84	192.99	-15.89	4.59	0.0030	62000.31
10.00	-1.07	195.95	-14.79	4.71	0.0020	64579.41
10.24	-0.67	198.91	-13.66	4.75	0.0012	67158.51
10.48	-0.31	201.87	-12.51	4.72	0.0006	69737.61
10.72	0.00	204.82	-11.38	4.63	0.0000	72316.71
10.96	0.27	207.78	-10.27	4.49	-0.0005	74895.81
11.20	0.50	210.74	-9.19	4.30	-0.0008	77474.91
11.44	0.70	213.70	-8.16	4.08	-0.0011	80054.01
11.68	0.85	216.65	-7.18	3.83	-0.0014	82633.11
11.92	0.97	219.61	-6.26	3.56	-0.0015	85212.21
12.16	1.06	222.57	-5.41	3.28	-0.0016	87791.31
12.40	1.12	225.53	-4.62	2.99	-0.0017	90370.41
12.64	1.15	228.48	-3.91	2.71	-0.0017	92949.51
12.88	1.15	231.44	-3.26	2.42	-0.0016	95528.61
13.12	1.14	234.40	-2.67	2.15	-0.0016	98107.71
13.36	1.11	237.36	-2.16	1.88	-0.0015	100686.81
13.60	1.06	240.31	-1.71	1.63	-0.0014	103265.91
13.84	0.99	243.27	-1.32	1.39	-0.0013	105845.01
14.08	0.92	246.23	-0.98	1.16	-0.0012	108424.11
14.32	0.83	249.19	-0.70	0.94	-0.0011	111003.21
14.56	0.73	252.14	-0.48	0.73	-0.0009	113582.31
14.80	0.63	255.10	-0.30	0.55	-0.0008	116161.41
15.04	0.52	258.06	-0.17	0.38	-0.0006	118740.51
15.28	0.41	261.02	-0.08	0.23	-0.0005	121319.61
15.52	0.29	263.98	-0.03	0.11	-0.0003	123898.71
15.76	0.16	266.93	0.00	0.00	-0.0002	126477.81

**Fase: 3 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR]

Nome: A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 26.09 [kPa]  
 Momento massimo 42.08 [kNm/m]  
 Taglio massimo 29.87 [KN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore  
 Reazione tirante 70.34 [KN]  
 Fattore sicurezza 4.32

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	7.92	0.00	-0.40	0.1164	--
0.52	--	14.10	-0.11	-1.27	0.1164	--
0.78	--	19.29	-0.44	-2.63	0.1164	--
1.04	--	25.48	-1.12	29.87	0.1165	--
1.29	--	30.67	6.62	27.62	0.1165	--
1.55	--	36.86	13.77	24.93	0.1164	--
1.81	12.18	42.05	20.24	22.40	0.1162	--
2.07	11.03	48.24	26.03	19.48	0.1158	--
2.33	12.20	53.43	31.07	16.25	0.1152	--
2.59	13.53	58.62	35.27	12.82	0.1142	--
2.85	15.00	64.81	38.59	8.88	0.1128	--
3.11	16.60	70.00	40.89	4.54	0.1111	--
3.36	18.32	76.19	42.08	-0.20	0.1089	--
3.62	20.14	81.38	42.03	-5.40	0.1063	--
3.88	22.05	87.57	40.63	-11.12	0.1033	--
4.14	24.04	92.76	37.76	-17.31	0.0999	--
4.40	26.09	97.95	33.29	-22.61	0.0960	1677.75
4.66	--	104.14	27.43	-22.61	0.0919	3129.33
4.92	-4.00	109.33	21.58	-22.29	0.0874	4580.91
5.18	-4.99	115.52	15.82	-21.61	0.0827	6032.50
5.44	-5.83	120.71	10.23	-20.60	0.0779	7484.08
5.69	-6.52	126.90	4.90	-19.30	0.0729	8935.66
5.95	-7.06	132.09	-0.09	-17.77	0.0679	10387.24
6.21	-7.45	138.28	-4.70	-15.99	0.0630	11838.82
6.47	-7.71	143.47	-8.84	-14.09	0.0580	13290.40
6.73	-7.83	148.65	-12.48	-12.07	0.0531	14741.99
6.99	-7.84	154.84	-15.61	-10.06	0.0484	16193.57
7.25	-7.74	160.03	-18.21	-8.14	0.0438	17645.15
7.51	-7.53	166.22	-20.32	-6.33	0.0395	19096.73
7.76	-7.25	192.41	-21.95	-4.64	0.0353	20548.31
8.02	-6.89	195.60	-23.15	-3.05	0.0313	21999.90
8.28	-6.48	198.79	-23.94	-1.61	0.0276	23451.48
8.54	-6.01	201.98	-24.36	-0.30	0.0242	24903.06
8.80	-5.52	205.17	-24.44	0.76	0.0209	26354.64
9.04	-5.04	208.13	-24.25	1.71	0.0182	27700.65
9.28	-4.54	211.09	-23.84	2.52	0.0156	29046.66
9.52	-4.04	214.04	-23.24	3.22	0.0133	30392.67
9.76	-3.55	217.00	-22.46	3.81	0.0112	31738.68
10.00	-2.85	219.96	-21.55	4.28	0.0093	30835.83
10.24	-2.39	222.92	-20.52	4.66	0.0075	31714.34
10.48	-1.95	225.87	-19.40	4.94	0.0060	32592.84
10.72	-1.54	228.83	-18.22	5.13	0.0046	33471.35
10.96	-1.16	231.79	-16.99	5.24	0.0034	34349.86
11.20	-0.81	234.75	-15.73	5.28	0.0023	35228.37
11.44	-0.50	237.71	-14.46	5.26	0.0014	36106.88
11.68	-0.21	240.66	-13.20	5.18	0.0006	36985.38
11.92	0.04	243.62	-11.95	5.06	-0.0001	37863.89
12.16	0.27	246.58	-10.74	4.90	-0.0007	38742.40
12.40	0.46	249.54	-9.56	4.70	-0.0012	39620.91
12.64	0.64	252.49	-8.44	4.47	-0.0016	40499.41

12.88	0.78	255.45	-7.36	4.21	-0.0019	41377.92
13.12	0.91	258.41	-6.35	3.95	-0.0021	42256.43
13.36	1.01	261.37	-5.41	3.66	-0.0023	43134.94
13.60	1.10	264.32	-4.53	3.37	-0.0025	44013.45
13.84	1.17	267.28	-3.72	3.06	-0.0026	44891.95
14.08	1.23	270.24	-2.98	2.76	-0.0027	45770.46
14.32	1.28	273.20	-2.32	2.45	-0.0027	46648.97
14.56	1.32	276.15	-1.73	2.14	-0.0028	47527.48
14.80	1.35	279.11	-1.22	1.80	-0.0028	48405.98
15.04	1.38	282.07	-0.79	1.44	-0.0028	49284.49
15.28	1.40	285.03	-0.44	1.05	-0.0028	50163.00
15.52	1.43	287.98	-0.19	0.62	-0.0028	51041.51
15.76	1.45	290.94	-0.04	0.18	-0.0028	51920.02

**Fase: 3 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E. 4.5 [m]

Nome: SLE

Coefficienti sismici:

$K_h = 0, K_v = 0$

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 18.27 [kPa]  
 Momento massimo 31.10 [kNm/m]  
 Taglio massimo 20.70 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	

T superiore 50.00 [KN]  
 Reazione tirante 6.08  
 Fattore sicurezza

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	5.18	0.00	-0.34	-0.0091	--
0.52	--	10.37	-0.09	-1.03	-0.0062	--
0.78	--	15.56	-0.36	-2.05	-0.0033	--
1.04	--	19.75	-0.89	20.70	-0.0004	--
1.29	--	24.94	4.47	19.00	0.0025	--
1.55	--	30.13	9.39	16.95	0.0053	--
1.81	9.21	35.32	13.78	15.13	0.0081	--
2.07	5.50	40.51	17.69	13.52	0.0107	--
2.33	6.11	45.70	21.19	11.92	0.0132	--
2.59	6.99	49.89	24.28	10.11	0.0154	--
2.85	8.11	55.08	26.89	8.00	0.0173	--

3.11	9.44	60.27	28.96	5.55	0.0190	--
3.36	10.96	65.45	30.40	2.70	0.0204	--
3.62	12.64	70.64	31.10	-0.58	0.0215	--
3.88	14.43	75.83	30.95	-4.32	0.0223	--
4.14	16.32	81.02	29.83	-8.54	0.0227	--
4.40	18.27	85.21	27.62	-12.24	0.0229	4400.39
4.66	--	90.40	24.46	-12.70	0.0227	7181.77
4.92	-2.23	95.59	21.17	-12.83	0.0223	9963.15
5.18	-2.77	100.78	17.85	-12.64	0.0217	12744.54
5.44	-3.25	105.97	14.57	-12.16	0.0209	15525.92
5.69	-3.66	111.16	11.43	-11.41	0.0200	18307.31
5.95	-3.99	115.35	8.47	-10.41	0.0189	21088.69
6.21	-4.24	120.54	5.78	-9.33	0.0178	23870.07
6.47	-4.41	125.73	3.37	-8.23	0.0165	26651.46
6.73	-4.50	130.92	1.24	-7.18	0.0153	29432.84
6.99	-4.52	136.11	-0.62	-6.17	0.0140	32214.23
7.25	-4.47	141.30	-2.22	-5.19	0.0128	34995.61
7.51	-4.36	145.49	-3.56	-4.26	0.0115	37777.00
7.76	-4.20	166.68	-4.67	-3.40	0.0103	40558.38
8.02	-3.99	169.87	-5.55	-2.60	0.0092	43339.77
8.28	-3.74	173.06	-6.22	-1.87	0.0081	46121.15
8.54	-3.46	176.25	-6.70	-1.20	0.0071	48902.54
8.80	-3.16	179.44	-7.02	-0.65	0.0061	51683.92
9.04	-2.87	182.39	-7.17	-0.16	0.0053	54263.02
9.28	-2.57	185.35	-7.21	0.27	0.0045	56842.12
9.52	-2.28	188.31	-7.15	0.63	0.0038	59421.21
9.76	-1.98	191.27	-7.00	0.94	0.0032	62000.31
10.00	-1.38	194.22	-6.77	1.17	0.0026	52662.27
10.24	-1.14	197.18	-6.49	1.35	0.0021	54125.97
10.48	-0.92	200.14	-6.17	1.49	0.0017	55589.66
10.72	-0.71	203.10	-5.81	1.59	0.0013	57053.36
10.96	-0.53	206.05	-5.43	1.65	0.0009	58517.06
11.20	-0.36	209.01	-5.03	1.69	0.0006	59980.76
11.44	-0.21	211.97	-4.63	1.70	0.0003	61444.46
11.68	-0.08	214.93	-4.22	1.68	0.0001	62908.15
11.92	0.03	217.89	-3.82	1.65	0.0000	64371.85
12.16	0.13	220.84	-3.42	1.60	-0.0002	65835.55
12.40	0.21	223.80	-3.04	1.53	-0.0003	67299.25
12.64	0.27	226.76	-2.67	1.46	-0.0004	68762.95
12.88	0.32	229.72	-2.32	1.38	-0.0005	70226.64
13.12	0.36	232.67	-1.99	1.29	-0.0005	71690.34
13.36	0.38	235.63	-1.68	1.20	-0.0005	73154.04
13.60	0.40	238.59	-1.39	1.10	-0.0005	74617.73
13.84	0.40	241.55	-1.13	1.00	-0.0005	76081.43
14.08	0.40	244.50	-0.89	0.89	-0.0005	77545.13
14.32	0.39	247.46	-0.67	0.77	-0.0005	79008.83
14.56	0.38	250.42	-0.49	0.65	-0.0005	80472.52
14.80	0.36	253.38	-0.33	0.53	-0.0004	81936.22
15.04	0.34	256.33	-0.21	0.40	-0.0004	83399.92
15.28	0.32	259.29	-0.11	0.28	-0.0004	84863.62
15.52	0.29	262.25	-0.04	0.15	-0.0003	86327.31
15.76	0.26	265.21	-0.01	0.03	-0.0003	87791.02

**Fase: 4 Analisi geotecnica Fase: 4 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte  
Profondità di valle

-7.7 [m]  
-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR]

Nome: Al+M1+R1

Coefficienti sismici:

Coefficienti parziali azioni

**4.5 [m]**

Kh = 0, Kv = 0

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 2.97 [kPa]  
 Momento massimo 15.91 [kNm/m]  
 Taglio massimo 19.93 [kN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 100.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 3.81

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	2.24	0.00	-0.44	-0.0843	--
0.52	--	7.43	-0.13	-1.37	-0.0806	--
0.78	--	12.62	-0.47	-2.73	-0.0769	--
1.04	--	16.81	-1.18	13.27	-0.0731	--
1.29	--	22.00	2.26	11.09	-0.0694	--
1.55	--	27.19	5.13	8.90	-0.0656	--
1.81	--	32.38	7.42	6.45	-0.0620	--
2.07	--	37.57	9.09	3.88	-0.0584	--
2.33	--	42.76	10.10	1.20	-0.0549	--
2.59	--	46.95	10.41	-1.83	-0.0515	--
2.85	--	52.14	9.93	-5.23	-0.0482	--
3.11	--	57.33	8.58	-9.11	-0.0450	--
3.36	--	62.52	6.22	-13.46	-0.0419	--
3.62	--	67.71	2.74	-18.34	-0.0388	--
3.88	0.00	72.90	-2.01	19.93	-0.0358	--
4.14	--	78.09	3.15	13.91	-0.0328	--
4.40	--	82.28	6.75	8.28	-0.0298	4400.39
4.66	--	87.46	8.89	7.01	-0.0268	7181.77
4.92	2.39	92.65	10.70	5.79	-0.0240	9963.15
5.18	2.71	97.84	12.20	4.62	-0.0213	12744.54
5.44	2.90	103.03	13.40	3.58	-0.0187	15525.92
5.69	2.97	108.22	14.32	2.66	-0.0162	18307.31
5.95	2.93	112.41	15.01	1.90	-0.0139	21088.69
6.21	2.80	117.60	15.50	1.17	-0.0117	23870.07
6.47	2.60	122.79	15.81	0.41	-0.0097	26651.46
6.73	2.33	127.98	15.91	-0.33	-0.0079	29432.84
6.99	2.01	133.17	15.83	-1.05	-0.0062	32214.23
7.25	1.65	138.36	15.56	-1.72	-0.0047	34995.61
7.51	1.27	142.55	15.11	-2.32	-0.0034	37777.00
7.76	0.88	146.74	14.51	-2.83	-0.0022	40558.38
8.02	0.48	146.93	13.78	-3.26	-0.0011	43339.77
8.28	0.10	147.12	12.94	-3.59	-0.0002	46121.15
8.54	-0.28	147.31	12.01	-3.82	0.0006	48902.54
8.80	-0.63	147.50	11.02	-3.95	0.0012	51683.92
9.04	-0.93	147.66	10.07	-3.99	0.0017	54263.02
9.28	-1.21	147.81	9.11	-3.94	0.0021	56842.12
9.52	-1.46	147.95	8.17	-3.83	0.0025	59421.21
9.76	-1.68	148.08	7.25	-3.64	0.0027	62000.31
10.00	-1.87	148.19	6.38	-3.41	0.0029	64579.41
10.24	-2.04	148.28	5.56	-3.13	0.0030	67158.51
10.48	-2.19	148.35	4.81	-2.82	0.0031	69737.61
10.72	-2.31	148.40	4.13	-2.48	0.0032	72316.71
10.96	-2.41	148.43	3.53	-2.18	0.0032	74895.81
11.20	-2.49	148.44	3.01	-1.92	0.0031	77474.91
11.44	-2.54	148.43	2.55	-1.68	0.0031	80054.01
11.68	-2.57	148.40	2.14	-1.47	0.0030	82633.11
11.92	-2.58	148.35	1.79	-1.29	0.0029	85212.21
12.16	-2.57	148.28	1.48	-1.12	0.0028	87791.31
12.40	-2.54	148.19	1.21	-0.98	0.0027	90370.41
12.64	-2.49	148.08	0.98	-0.84	0.0026	92949.51
12.88	-2.41	147.95	0.78	-0.71	0.0024	95528.61
13.12	-2.29	147.79	0.60	-0.59	0.0023	98107.71

13.36	-1.55	232.69	0.46	-0.49	0.0021	73154.04
13.60	-1.47	235.65	0.35	-0.39	0.0020	74617.73
13.84	-1.37	238.61	0.25	-0.30	0.0018	76081.43
14.08	-1.27	241.57	0.18	-0.23	0.0016	77545.13
14.32	-1.17	244.52	0.13	-0.17	0.0015	79008.83
14.56	-1.05	247.48	0.08	-0.12	0.0013	80472.52
14.80	-0.94	250.44	0.06	-0.08	0.0011	81936.22
15.04	-0.81	253.40	0.04	-0.05	0.0010	83399.92
15.28	-0.68	256.35	0.02	-0.04	0.0008	84863.62
15.52	-0.55	259.31	0.01	-0.03	0.0006	86327.31
15.76	-0.41	262.27	0.01	-0.03	0.0005	87791.02

**Fase: 4 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR]  
 Nome: A2+M2+R1  
 Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0  
 Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 1.61 [kPa]  
 Momento massimo 11.34 [kNm/m]  
 Taglio massimo 20.58 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 100.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 3.81

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	2.69	0.00	-0.47	-0.0712	--
0.52	--	8.88	-0.12	-1.40	-0.0680	--
0.78	--	14.07	-0.48	-2.75	-0.0648	--
1.04	--	20.26	-1.19	14.21	-0.0616	--
1.29	--	25.44	2.49	11.95	-0.0584	--
1.55	--	31.63	5.58	9.76	-0.0553	--
1.81	--	36.82	8.11	7.17	-0.0522	--
2.07	0.00	43.01	9.97	4.23	-0.0491	--

2.33	--	48.20	11.06	1.07	-0.0462	--
2.59	--	53.39	11.34	-2.47	-0.0434	--
2.85	--	59.58	10.71	-6.33	-0.0407	--
3.11	--	64.77	9.07	-10.62	-0.0381	--
3.36	--	70.96	6.31	-15.37	-0.0356	--
3.62	--	76.15	2.34	-20.58	-0.0331	--
3.88	0.00	82.34	-2.99	18.05	-0.0307	--
4.14	--	87.53	1.68	11.81	-0.0283	--
4.40	--	92.72	4.74	6.21	-0.0259	1677.75
4.66	--	98.91	6.34	5.19	-0.0235	3129.33
4.92	0.97	104.10	7.69	4.21	-0.0212	4580.91
5.18	1.14	110.29	8.78	3.31	-0.0190	6032.50
5.44	1.26	115.48	9.63	2.50	-0.0168	7484.08
5.69	1.32	121.67	10.28	1.78	-0.0148	8935.66
5.95	1.33	126.86	10.74	1.15	-0.0128	10387.24
6.21	1.31	133.05	11.04	0.65	-0.0110	11838.82
6.47	1.24	138.24	11.21	0.27	-0.0093	13290.40
6.73	1.14	143.43	11.27	-0.03	-0.0077	14741.99
6.99	1.01	149.62	11.27	-0.30	-0.0062	16193.57
7.25	0.86	154.81	11.19	-0.59	-0.0049	17645.15
7.51	0.70	160.99	11.04	-0.90	-0.0036	19096.73
7.76	0.52	187.18	10.80	-1.20	-0.0025	20548.31
8.02	0.33	190.37	10.49	-1.49	-0.0015	21999.90
8.28	0.14	193.56	10.11	-1.76	-0.0006	23451.48
8.54	-0.06	196.75	9.65	-2.01	0.0002	24903.06
8.80	-0.25	199.94	9.13	-2.21	0.0009	26354.64
9.04	-0.42	202.90	8.60	-2.37	0.0015	27700.65
9.28	-0.58	205.86	8.03	-2.50	0.0020	29046.66
9.52	-0.74	208.82	7.43	-2.59	0.0024	30392.67
9.76	-0.89	211.77	6.81	-2.64	0.0028	31738.68
10.00	-0.95	214.73	6.18	-2.62	0.0031	30835.83
10.24	-1.06	217.69	5.55	-2.57	0.0033	31714.34
10.48	-1.15	220.65	4.93	-2.48	0.0035	32592.84
10.72	-1.23	223.60	4.33	-2.36	0.0037	33471.35
10.96	-1.30	226.56	3.77	-2.22	0.0038	34349.86
11.20	-1.36	229.52	3.24	-2.04	0.0039	35228.37
11.44	-1.42	232.48	2.75	-1.84	0.0039	36106.88
11.68	-1.46	235.43	2.30	-1.62	0.0040	36985.38
11.92	-1.50	238.39	1.91	-1.38	0.0040	37863.89
12.16	-1.53	241.35	1.58	-1.18	0.0039	38742.40
12.40	-1.55	244.31	1.30	-1.00	0.0039	39620.91
12.64	-1.57	247.26	1.06	-0.85	0.0039	40499.41
12.88	-1.59	250.22	0.85	-0.73	0.0038	41377.92
13.12	-1.60	253.18	0.68	-0.62	0.0038	42256.43
13.36	-1.61	256.14	0.53	-0.51	0.0037	43134.94
13.60	-1.61	259.09	0.41	-0.42	0.0037	44013.45
13.84	-1.61	262.05	0.31	-0.33	0.0036	44891.95
14.08	-1.61	265.01	0.23	-0.25	0.0035	45770.46
14.32	-1.61	267.97	0.17	-0.17	0.0034	46648.97
14.56	-1.60	270.93	0.13	-0.10	0.0034	47527.48
14.80	-1.59	273.88	0.10	-0.05	0.0033	48405.98
15.04	-1.59	276.84	0.09	-0.04	0.0032	49284.49
15.28	-1.57	279.80	0.08	-0.06	0.0031	50163.00
15.52	-1.56	282.76	0.07	-0.10	0.0031	51041.51
15.76	-1.55	285.71	0.04	-0.18	0.0030	51920.02

**Fase: 4 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E.

4.5 [m]

Nome: SLE

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 11.50 [m]  
 Pressione massima terreno 6.09 [kPa]  
 Momento massimo 28.77 [kNm/m]  
 Taglio massimo 23.92 [kN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 100.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 3.81

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	-0.28	0.00	-0.39	-0.1496	--
0.52	--	4.91	-0.10	-1.09	-0.1437	--
0.78	--	10.10	-0.39	-2.15	-0.1378	--
1.04	--	14.29	-0.94	9.16	-0.1318	--
1.29	--	19.48	1.43	7.41	-0.1259	--
1.55	--	24.67	3.35	5.74	-0.1200	--
1.81	--	29.86	4.83	3.93	-0.1141	--
2.07	--	35.05	5.84	2.30	-0.1082	--
2.33	--	40.24	6.43	0.74	-0.1024	--
2.59	--	44.43	6.63	-1.14	-0.0967	--
2.85	--	49.62	6.33	-3.22	-0.0910	--
3.11	--	54.81	5.50	-5.69	-0.0855	--
3.36	--	60.00	4.03	-8.52	-0.0799	--
3.62	--	65.19	1.83	-11.77	-0.0744	--
3.88	--	70.38	-1.22	23.92	-0.0689	--
4.14	--	75.57	4.97	19.66	-0.0635	--
4.40	--	79.76	10.05	15.40	-0.0580	4400.39
4.66	--	84.95	14.04	13.51	-0.0527	7181.77
4.92	4.74	90.14	17.53	11.58	-0.0475	9963.15
5.18	5.42	95.32	20.53	9.63	-0.0425	12744.54
5.44	5.86	100.51	23.02	7.74	-0.0377	15525.92
5.69	6.08	105.70	25.03	5.98	-0.0332	18307.31
5.95	6.09	109.89	26.58	4.37	-0.0289	21088.69
6.21	5.94	115.08	27.71	2.82	-0.0249	23870.07
6.47	5.63	120.27	28.44	1.30	-0.0211	26651.46
6.73	5.21	125.46	28.77	-0.17	-0.0177	29432.84
6.99	4.69	130.65	28.73	-1.53	-0.0146	32214.23
7.25	4.09	135.84	28.34	-2.78	-0.0117	34995.61
7.51	3.45	140.03	27.62	-3.88	-0.0091	37777.00
7.76	2.78	161.22	26.62	-4.82	-0.0069	40558.38
8.02	2.11	164.41	25.37	-5.60	-0.0049	43339.77
8.28	1.44	167.60	23.92	-6.21	-0.0031	46121.15
8.54	0.80	170.79	22.31	-6.65	-0.0016	48902.54
8.80	0.19	173.98	20.59	-6.90	-0.0004	51683.92
9.04	-0.34	176.94	18.94	-7.02	0.0006	54263.02
9.28	-0.81	179.89	17.25	-7.02	0.0014	56842.12
9.52	-1.24	182.85	15.57	-6.90	0.0021	59421.21
9.76	-1.62	185.81	13.91	-6.68	0.0026	62000.31
10.00	-1.59	188.77	12.31	-6.40	0.0030	64579.41
10.24	-1.79	191.72	10.77	-6.06	0.0033	67158.51
10.48	-1.95	194.68	9.32	-5.68	0.0035	69737.61
10.72	-2.06	197.64	7.95	-5.25	0.0036	72316.71
10.96	-2.14	200.60	6.69	-4.80	0.0037	74895.81
11.20	-2.18	203.56	5.54	-4.33	0.0036	77474.91
11.44	-2.19	206.51	4.50	-3.85	0.0036	80054.01
11.68	-2.18	209.47	3.58	-3.36	0.0035	82633.11
11.92	-2.14	212.43	2.77	-2.88	0.0033	85212.21
12.16	-2.08	215.39	2.08	-2.43	0.0032	87791.31
12.40	-2.00	218.34	1.50	-2.02	0.0030	90370.41

12.64	-1.91	221.30	1.01	-1.63	0.0028	68762.95
12.88	-1.80	224.26	0.62	-1.28	0.0026	70226.64
13.12	-1.69	227.22	0.31	-0.96	0.0024	71690.34
13.36	-1.57	230.17	0.08	-0.68	0.0021	73154.04
13.60	-1.44	233.13	-0.08	-0.43	0.0019	74617.73
13.84	-1.31	236.09	-0.18	-0.22	0.0017	76081.43
14.08	-1.17	239.05	-0.23	-0.05	0.0015	77545.13
14.32	-1.02	242.00	-0.24	0.08	0.0013	79008.83
14.56	-0.87	244.96	-0.23	0.17	0.0011	80472.52
14.80	-0.72	247.92	-0.19	0.22	0.0009	81936.22
15.04	-0.56	250.88	-0.13	0.23	0.0007	83399.92
15.28	-0.40	253.83	-0.08	0.20	0.0005	84863.62
15.52	-0.23	256.79	-0.03	0.13	0.0003	86327.31
15.76	-0.05	259.75	0.00	0.02	0.0001	87791.02

**Fase: 5 Analisi geotecnica Fase: 5 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR]

Nome: Al+M1+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

**Coefficienti parziali azioni**

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

8.50 [m]

Pressione massima terreno

47.31 [kPa]

Momento massimo

109.94 [kNm/m]

Taglio massimo

74.91 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore

Reazione tirante

50.00 [KN]

Fattore sicurezza

6.08

T medio

Reazione tirante

112.13 [KN]

Fattore sicurezza

3.40

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	5.50	0.00	-0.45	-0.0858	--
0.52	--	10.69	-0.12	-1.39	-0.0759	--
0.78	--	15.88	-0.48	-2.70	-0.0661	--
1.04	--	20.07	-1.18	14.74	-0.0563	--
1.29	--	25.26	2.64	12.54	-0.0465	--

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

1.55	--	30.44	5.89	10.38	-0.0367	--
1.81	--	35.63	8.57	7.91	-0.0269	--
2.07	--	40.82	10.62	5.36	-0.0173	--
2.33	--	46.01	12.01	2.68	-0.0077	--
2.59	--	50.20	12.70	-0.33	0.0017	--
2.85	--	55.39	12.62	-3.76	0.0110	--
3.11	--	60.58	11.64	-7.63	0.0202	--
3.36	--	65.77	9.67	-11.98	0.0292	--
3.62	--	70.96	6.57	-16.88	0.0382	--
3.88	--	76.15	2.20	74.91	0.0470	--
4.14	--	81.34	21.59	68.87	0.0559	--
4.40	--	85.53	39.42	62.27	0.0645	--
4.66	27.81	90.72	55.54	55.49	0.0727	--
4.92	27.76	95.91	69.90	47.61	0.0803	--
5.18	29.77	101.10	82.23	39.43	0.0872	--
5.44	31.91	106.29	92.43	30.86	0.0933	--
5.69	34.13	111.48	100.41	21.86	0.0984	--
5.95	36.41	115.67	106.07	12.42	0.1025	--
6.21	38.24	120.86	109.28	2.59	0.1054	--
6.47	39.87	126.05	109.94	-7.84	0.1073	--
6.73	41.61	131.24	107.92	-18.76	0.1081	--
6.99	43.43	136.43	103.07	-30.16	0.1077	--
7.25	45.34	141.62	95.26	-42.08	0.1063	--
7.51	47.31	145.81	84.37	-51.77	0.1039	4400.39
7.76	--	167.00	70.97	-50.45	0.1006	7181.77
8.02	-9.62	170.18	57.92	-48.39	0.0966	9963.15
8.28	-11.72	173.37	45.39	-45.66	0.0920	12744.54
8.54	-13.49	176.56	33.57	-42.43	0.0869	15525.92
8.80	-14.92	179.75	22.59	-39.12	0.0815	18307.31
9.04	-15.93	182.71	13.19	-35.59	0.0763	20886.41
9.28	-16.64	185.67	4.65	-31.86	0.0709	23465.51
9.52	-17.06	188.63	-2.99	-27.98	0.0655	26044.61
9.76	-17.22	191.58	-9.71	-24.06	0.0601	28623.71
10.00	-18.50	194.54	-15.48	-19.73	0.0549	33720.29
10.24	-17.49	197.50	-20.22	-15.66	0.0497	35183.99
10.48	-16.39	200.46	-23.98	-11.82	0.0447	36647.69
10.72	-15.23	203.41	-26.82	-8.27	0.0400	38111.39
10.96	-14.03	206.37	-28.81	-5.06	0.0354	39575.09
11.20	-12.80	209.33	-30.02	-2.15	0.0312	41038.79
11.44	-11.55	212.29	-30.54	0.40	0.0272	42502.48
11.68	-10.31	215.24	-30.44	2.61	0.0234	43966.18
11.92	-9.07	218.20	-29.82	4.51	0.0200	45429.88
12.16	-7.86	221.16	-28.74	6.13	0.0168	46893.57
12.40	-6.68	224.12	-27.26	7.45	0.0138	48357.27
12.64	-5.54	227.08	-25.48	8.48	0.0111	49820.97
12.88	-4.43	230.03	-23.44	9.26	0.0086	51284.67
13.12	-3.36	232.99	-21.22	9.79	0.0064	52748.37
13.36	-2.32	235.95	-18.87	10.08	0.0043	54212.06
13.60	-1.31	238.91	-16.45	10.14	0.0024	55675.76
13.84	-0.34	241.86	-14.01	9.99	0.0006	57139.46
14.08	0.62	244.82	-11.62	9.60	-0.0011	58603.16
14.32	1.56	247.78	-9.31	9.01	-0.0026	60066.85
14.56	2.50	250.74	-7.15	8.21	-0.0041	61530.55
14.80	3.44	253.69	-5.18	7.19	-0.0055	62994.25
15.04	4.39	256.65	-3.46	5.97	-0.0068	64457.95
15.28	5.36	259.61	-2.02	4.53	-0.0081	65921.64
15.52	6.36	262.57	-0.93	2.89	-0.0094	67385.34
15.76	7.39	265.52	-0.24	1.01	-0.0107	68849.04

**Fase: 5 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR] 7.5 [m]  
 Nome: A2+M2+R1

**Coefficienti sismici:**

Kh = 0, Kv = 0

**Coefficienti parziali azioni**

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 8.50 [m]  
 Pressione massima terreno 49.30 [kPa]  
 Momento massimo 124.86 [kNm/m]  
 Taglio massimo 80.74 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 128.10 [KN]  
 Fattore sicurezza 2.97

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	--	8.87	0.00	-0.46	-0.0361	--
0.52	--	15.06	-0.12	-1.37	-0.0253	--
0.78	--	20.25	-0.48	-2.73	-0.0145	--
1.04	--	26.44	-1.18	19.31	-0.0036	--
1.29	--	31.63	3.82	17.06	0.0072	--
1.55	--	37.82	8.23	14.88	0.0181	--
1.81	--	43.01	12.09	12.31	0.0288	--
2.07	--	49.20	15.27	6.41	0.0394	--
2.33	--	54.39	16.93	3.23	0.0499	--
2.59	--	59.58	17.76	-0.26	0.0601	--
2.85	--	65.77	17.70	-4.19	0.0702	--
3.11	--	70.96	16.61	-8.46	0.0801	--
3.36	--	77.15	14.43	-13.24	0.0899	--
3.62	--	82.33	11.00	-18.43	0.0995	--
3.88	--	88.52	6.23	80.74	0.1090	--
4.14	--	93.71	27.13	74.47	0.1184	--
4.40	--	98.90	46.42	67.72	0.1275	--
4.66	28.18	105.09	63.95	60.73	0.1361	--
4.92	29.35	110.28	79.68	52.36	0.1441	--
5.18	31.33	116.47	93.24	43.64	0.1512	--
5.44	33.38	121.66	104.53	34.52	0.1574	--
5.69	35.49	127.85	113.45	24.91	0.1625	--
5.95	37.64	133.04	119.88	14.92	0.1665	--
6.21	39.83	139.23	123.72	4.41	0.1692	--
6.47	42.03	144.42	124.86	-6.50	0.1707	--
6.73	44.12	149.61	123.18	-17.91	0.1708	--
6.99	45.95	155.80	118.54	-29.73	0.1697	--
7.25	47.60	160.99	110.86	-42.14	0.1674	--
7.51	49.30	167.18	99.95	-52.40	0.1640	1677.75
7.76	--	193.37	86.39	-51.33	0.1595	3129.33
8.02	-7.06	196.56	73.10	-49.82	0.1541	4580.91
8.28	-8.93	199.75	60.21	-47.80	0.1480	6032.50
8.54	-10.57	202.94	47.85	-45.33	0.1413	7484.08
8.80	-11.97	206.13	36.12	-42.77	0.1340	8935.66
9.04	-13.05	209.08	25.86	-39.97	0.1270	10281.67
9.28	-13.92	212.04	16.27	-36.83	0.1197	11627.68
9.52	-14.56	215.00	7.43	-33.60	0.1123	12973.69
9.76	-15.00	217.96	-0.64	-30.24	0.1048	14319.71
10.00	-18.93	220.91	-7.88	-26.00	0.0973	19466.89
10.24	-18.28	223.87	-14.12	-21.80	0.0898	20345.40
10.48	-17.52	226.83	-19.36	-17.73	0.0825	21223.91
10.72	-16.67	229.79	-23.61	-13.94	0.0754	22102.42
10.96	-15.74	232.74	-26.96	-10.35	0.0685	22980.93
11.20	-14.75	235.70	-29.44	-6.89	0.0618	23859.44
11.44	-13.70	238.66	-31.10	-3.77	0.0554	24737.95
11.68	-12.62	241.62	-32.01	-0.89	0.0493	25616.46

11.92	-11.50	244.58	-32.22	1.75	0.0434	26494.96
12.16	-10.35	247.53	-31.80	4.07	0.0378	27373.47
12.40	-9.18	250.49	-30.82	6.06	0.0325	28251.98
12.64	-8.01	253.45	-29.36	7.77	0.0275	29130.49
12.88	-6.82	256.41	-27.50	9.14	0.0227	30008.99
13.12	-5.62	259.36	-25.30	10.23	0.0182	30887.50
13.36	-4.41	262.32	-22.85	11.00	0.0139	31766.01
13.60	-3.20	265.28	-20.21	11.48	0.0098	32644.52
13.84	-1.97	268.24	-17.45	11.65	0.0059	33523.02
14.08	-0.73	271.19	-14.66	11.52	0.0021	34401.53
14.32	0.53	274.15	-11.89	11.09	-0.0015	35280.04
14.56	1.82	277.11	-9.23	10.33	-0.0050	36158.55
14.80	3.14	280.07	-6.75	9.25	-0.0085	37037.06
15.04	4.50	283.02	-4.53	7.81	-0.0119	37915.57
15.28	5.90	285.98	-2.65	6.00	-0.0152	38794.07
15.52	7.35	288.94	-1.21	3.82	-0.0185	39672.58
15.76	8.85	291.90	-0.30	1.24	-0.0218	40551.09

**Fase: 5 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-7.7 [m]

Profondità di valle

-7.7 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E.

Nome: SLE

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

8.50 [m]

Pressione massima terreno

33.92 [kPa]

Momento massimo

85.31 [kNm/m]

Taglio massimo

47.38 [KN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	

T superiore

Reazione tirante

50.00 [KN]

Fattore sicurezza

6.08

T medio

Reazione tirante

112.94 [KN]

Fattore sicurezza

3.37

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	6.00	0.00	-0.34	-0.0658	--
0.52	--	11.19	-0.09	-1.05	-0.0570	--

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

0.78	--	16.38	-0.37	-2.08	-0.0482	--
1.04	--	20.57	-0.91	17.25	-0.0394	--
1.29	--	25.76	3.56	15.56	-0.0305	--
1.55	--	30.95	7.59	13.91	-0.0218	--
1.81	--	36.14	11.19	12.08	-0.0131	--
2.07	--	41.33	14.32	10.47	-0.0045	--
2.33	--	46.52	17.03	8.88	0.0039	--
2.59	--	50.71	19.32	7.06	0.0122	--
2.85	--	55.90	21.15	4.95	0.0202	--
3.11	--	61.09	22.43	2.48	0.0281	--
3.36	--	66.28	23.08	-0.34	0.0357	--
3.62	--	71.47	22.99	-3.63	0.0431	--
3.88	--	76.66	22.04	47.38	0.0502	--
4.14	--	81.85	34.31	43.17	0.0571	--
4.40	--	86.04	45.48	38.40	0.0636	--
4.66	20.27	91.23	55.42	33.24	0.0697	--
4.92	17.54	96.42	64.03	27.81	0.0752	--
5.18	18.86	101.61	71.23	22.38	0.0800	--
5.44	20.41	106.79	77.02	16.73	0.0841	--
5.69	22.15	111.98	81.35	10.80	0.0875	--
5.95	24.04	116.17	84.13	4.56	0.0899	--
6.21	25.63	121.36	85.31	-2.08	0.0915	--
6.47	27.03	126.55	84.77	-9.15	0.0923	--
6.73	28.58	131.74	82.40	-16.66	0.0922	--
6.99	30.27	136.93	78.09	-24.61	0.0912	--
7.25	32.05	142.12	71.73	-33.08	0.0894	--
7.51	33.92	146.31	63.16	-39.92	0.0869	4400.39
7.76	--	167.50	52.83	-39.31	0.0837	7181.77
8.02	-7.97	170.69	42.66	-38.04	0.0800	9963.15
8.28	-9.67	173.88	32.81	-36.13	0.0758	12744.54
8.54	-11.08	177.07	23.46	-33.67	0.0713	15525.92
8.80	-12.20	180.26	14.74	-31.01	0.0666	18307.31
9.04	-12.97	183.22	7.30	-28.13	0.0621	20886.41
9.28	-13.49	186.17	0.55	-25.11	0.0575	23465.51
9.52	-13.77	189.13	-5.47	-21.93	0.0529	26044.61
9.76	-13.84	192.09	-10.73	-18.77	0.0483	28623.71
10.00	-14.79	195.05	-15.24	-15.32	0.0439	33720.29
10.24	-13.92	198.00	-18.91	-12.08	0.0395	35183.99
10.48	-12.97	200.96	-21.81	-9.03	0.0354	36647.69
10.72	-11.98	203.92	-23.98	-6.25	0.0314	38111.39
10.96	-10.95	206.88	-25.48	-3.68	0.0277	39575.09
11.20	-9.91	209.84	-26.36	-1.35	0.0241	41038.79
11.44	-8.86	212.79	-26.68	0.75	0.0208	42502.48
11.68	-7.82	215.75	-26.51	2.58	0.0178	43966.18
11.92	-6.79	218.71	-25.89	4.18	0.0150	45429.88
12.16	-5.79	221.67	-24.89	5.51	0.0124	46893.57
12.40	-4.83	224.62	-23.56	6.62	0.0100	48357.27
12.64	-3.89	227.58	-21.97	7.47	0.0078	49820.97
12.88	-2.99	230.54	-20.18	8.10	0.0058	51284.67
13.12	-2.13	233.50	-18.24	8.53	0.0040	52748.37
13.36	-1.30	236.45	-16.19	8.75	0.0024	54212.06
13.60	-0.51	239.41	-14.09	8.78	0.0009	55675.76
13.84	0.26	242.37	-11.98	8.61	-0.0004	57139.46
14.08	1.00	245.33	-9.92	8.26	-0.0017	58603.16
14.32	1.73	248.28	-7.94	7.73	-0.0029	60066.85
14.56	2.45	251.24	-6.08	7.02	-0.0040	61530.55
14.80	3.17	254.20	-4.40	6.13	-0.0050	62994.25
15.04	3.89	257.16	-2.92	5.08	-0.0060	64457.95
15.28	4.62	260.11	-1.70	3.84	-0.0070	65921.64
15.52	5.38	263.07	-0.78	2.43	-0.0080	67385.34
15.76	6.15	266.03	-0.20	0.83	-0.0089	68849.04

**Fase: 6 Analisi geotecnica Fase: 6 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte  
Profondità di valle

-7.7 [m]  
-7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR]  
Nome: Al+M1+R1

7.5 [m]

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 8.50 [m]  
 Pressione massima terreno 4.70 [kPa]  
 Momento massimo 44.23 [kNm/m]  
 Taglio massimo 54.01 [KN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 100.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 3.81  
 T inferiore  
 Reazione tirante 150.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 3.43

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	-0.58	0.00	-0.48	-0.1472	--
0.52	--	4.61	-0.13	-1.38	-0.1413	--
0.78	--	9.80	-0.50	-2.74	-0.1354	--
1.04	--	13.99	-1.20	8.31	-0.1295	--
1.29	--	19.18	0.95	6.12	-0.1235	--
1.55	--	24.37	2.53	3.93	-0.1176	--
1.81	--	29.56	3.55	1.43	-0.1118	--
2.07	--	34.75	3.92	-1.10	-0.1059	--
2.33	--	39.94	3.63	-3.75	-0.1001	--
2.59	--	44.13	2.66	-6.82	-0.0943	--
2.85	--	49.32	0.89	-10.21	-0.0886	--
3.11	--	54.51	-1.75	-14.08	-0.0828	--
3.36	--	59.70	-5.39	-18.44	-0.0771	--
3.62	--	64.89	-10.16	-23.31	-0.0713	--
3.88	--	70.08	-16.20	54.01	-0.0653	--
4.14	--	75.27	-2.22	48.02	-0.0593	--
4.40	--	79.46	10.21	42.61	-0.0532	--
4.66	--	84.65	21.23	35.09	-0.0472	--
4.92	--	89.84	30.31	26.59	-0.0415	--
5.18	--	95.03	37.20	17.98	-0.0360	--
5.44	--	100.22	41.85	9.15	-0.0309	--
5.69	--	105.40	44.22	0.03	-0.0263	--
5.95	--	109.59	44.23	-9.38	-0.0221	--
6.21	--	114.78	41.80	-19.28	-0.0184	--
6.47	--	119.97	36.82	-29.76	-0.0151	--
6.73	--	125.16	29.11	-40.83	-0.0121	--
6.99	--	130.35	18.55	18.19	-0.0095	--
7.25	--	135.54	23.25	5.97	-0.0070	--
7.51	--	139.73	24.80	-4.72	-0.0049	4400.39
7.76	--	160.92	23.58	-5.30	-0.0029	7181.77
8.02	0.12	164.11	22.21	-5.75	-0.0012	9963.15
8.28	-0.03	167.30	20.72	-6.08	0.0003	12744.54
8.54	-0.23	170.49	19.14	-6.32	0.0015	15525.92
8.80	-0.47	173.68	17.51	-6.48	0.0026	18307.31
9.04	-0.71	176.64	15.95	-6.57	0.0034	20886.41
9.28	-0.95	179.59	14.38	-6.59	0.0041	23465.51
9.52	-1.20	182.55	12.80	-6.53	0.0046	26044.61
9.76	-1.45	185.51	11.23	-6.39	0.0051	28623.71

10.00	-1.82	188.47	9.69	-6.09	0.0054	33720.29
10.24	-1.99	191.43	8.23	-5.73	0.0056	35183.99
10.48	-2.13	194.38	6.86	-5.33	0.0058	36647.69
10.72	-2.26	197.34	5.58	-4.88	0.0059	38111.39
10.96	-2.38	200.30	4.41	-4.45	0.0060	39575.09
11.20	-2.48	203.26	3.34	-4.05	0.0060	41038.79
11.44	-2.56	206.21	2.36	-3.65	0.0060	42502.48
11.68	-2.64	209.17	1.49	-3.27	0.0060	43966.18
11.92	-2.71	212.13	0.70	-2.89	0.0060	45429.88
12.16	-2.78	215.09	0.01	-2.50	0.0059	46893.57
12.40	-2.85	218.04	-0.59	-2.10	0.0059	48357.27
12.64	-2.92	221.00	-1.09	-1.69	0.0059	49820.97
12.88	-2.99	223.96	-1.50	-1.26	0.0058	51284.67
13.12	-3.06	226.92	-1.80	-0.79	0.0058	52748.37
13.36	-3.15	229.87	-1.99	-0.30	0.0058	54212.06
13.60	-3.24	232.83	-2.06	0.22	0.0058	55675.76
13.84	-3.35	235.79	-2.01	0.78	0.0059	57139.46
14.08	-3.47	238.75	-1.82	1.23	0.0059	58603.16
14.32	-3.60	241.70	-1.53	1.50	0.0060	60066.85
14.56	-3.74	244.66	-1.17	1.59	0.0061	61530.55
14.80	-3.89	247.62	-0.79	1.51	0.0062	62994.25
15.04	-4.04	250.58	-0.42	1.26	0.0063	64457.95
15.28	-4.20	253.54	-0.12	0.83	0.0064	65921.64
15.52	-4.37	256.49	0.08	0.23	0.0065	67385.34
15.76	-4.53	259.45	0.13	-0.56	0.0066	68849.04

**Fase: 6 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR] 7.5 [m]

Nome: A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 8.50 [m]  
 Pressione massima terreno 5.03 [kPa]  
 Momento massimo 46.10 [kNm/m]  
 Taglio massimo 55.20 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio

Reazione tirante  
 Fattore sicurezza  
 T inferiore  
 Reazione tirante  
 Fattore sicurezza

100.00 [KN]  
 3.81  
 153.51 [KN]  
 3.35

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	--	2.50	0.00	-0.50	-0.1023	--
0.52	--	8.69	-0.13	-1.42	-0.0972	--
0.78	--	13.88	-0.49	-2.80	-0.0921	--
1.04	--	20.07	-1.20	11.98	-0.0869	--
1.29	--	25.26	1.90	9.73	-0.0817	--
1.55	--	31.45	4.42	7.53	-0.0766	--
1.81	--	36.64	6.37	4.94	-0.0715	--
2.07	--	42.83	7.65	-0.97	-0.0665	--
2.33	--	48.02	7.40	-4.12	-0.0615	--
2.59	--	53.21	6.34	-7.65	-0.0566	--
2.85	--	59.40	4.36	-11.52	-0.0518	--
3.11	--	64.59	1.37	-15.82	-0.0470	--
3.36	--	70.78	-2.72	-20.56	-0.0423	--
3.62	--	75.97	-8.04	-25.76	-0.0375	--
3.88	--	82.16	-14.71	55.20	-0.0326	--
4.14	--	87.34	-0.42	48.99	-0.0276	--
4.40	--	92.53	12.26	43.45	-0.0226	--
4.66	--	98.72	23.50	35.69	-0.0177	--
4.92	--	103.91	32.74	26.64	-0.0131	--
5.18	--	110.10	39.63	17.32	-0.0088	--
5.44	--	115.29	44.12	7.68	-0.0049	--
5.69	--	121.48	46.10	-2.27	-0.0014	--
5.95	--	126.67	45.52	-12.56	0.0016	--
6.21	--	132.86	42.26	-23.20	0.0041	--
6.47	--	138.05	36.26	-34.21	0.0062	--
6.73	--	143.24	27.41	-45.61	0.0079	--
6.99	--	149.43	15.60	16.68	0.0093	--
7.25	--	154.62	19.92	4.22	0.0105	--
7.51	--	160.81	21.01	-6.55	0.0116	1677.75
7.76	--	187.00	19.31	-6.75	0.0124	3129.33
8.02	-0.60	190.19	17.57	-6.89	0.0131	4580.91
8.28	-0.82	193.38	15.79	-6.96	0.0135	6032.50
8.54	-1.03	196.57	13.99	-6.95	0.0138	7484.08
8.80	-1.25	199.76	12.19	-6.92	0.0140	8935.66
9.04	-1.44	202.71	10.53	-6.84	0.0140	10281.67
9.28	-1.62	205.67	8.88	-6.73	0.0139	11627.68
9.52	-1.79	208.63	7.27	-6.57	0.0138	12973.69
9.76	-1.94	211.59	5.69	-6.36	0.0136	14319.71
10.00	-2.59	214.55	4.17	-5.95	0.0133	19466.89
10.24	-2.64	217.50	2.74	-5.52	0.0130	20345.40
10.48	-2.69	220.46	1.41	-5.06	0.0127	21223.91
10.72	-2.72	223.42	0.20	-4.60	0.0123	22102.42
10.96	-2.76	226.38	-0.91	-4.11	0.0120	22980.93
11.20	-2.78	229.33	-1.89	-3.59	0.0117	23859.44
11.44	-2.81	232.29	-2.75	-3.07	0.0113	24737.95
11.68	-2.83	235.25	-3.49	-2.52	0.0111	25616.46
11.92	-2.86	238.21	-4.10	-1.95	0.0108	26494.96
12.16	-2.89	241.16	-4.56	-1.43	0.0106	27373.47
12.40	-2.93	244.12	-4.91	-0.93	0.0104	28251.98
12.64	-2.98	247.08	-5.13	-0.44	0.0102	29130.49
12.88	-3.05	250.04	-5.24	0.04	0.0101	30008.99
13.12	-3.12	252.99	-5.23	0.51	0.0101	30887.50
13.36	-3.21	255.95	-5.10	1.00	0.0101	31766.01
13.60	-3.31	258.91	-4.86	1.50	0.0101	32644.52
13.84	-3.43	261.87	-4.50	2.03	0.0102	33523.02
14.08	-3.56	264.82	-4.01	2.59	0.0104	34401.53
14.32	-3.71	267.78	-3.39	3.04	0.0105	35280.04
14.56	-3.87	270.74	-2.66	3.21	0.0107	36158.55
14.80	-4.04	273.70	-1.89	3.08	0.0109	37037.06
15.04	-4.23	276.66	-1.15	2.66	0.0112	37915.57
15.28	-4.42	279.61	-0.51	1.91	0.0114	38794.07
15.52	-4.62	282.57	-0.05	0.82	0.0116	39672.58
15.76	-4.82	285.53	0.14	-0.59	0.0119	40551.09

**Fase: 6 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte  
 Profondità di valle

-7.7 [m]  
 -7.7[m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E.  
 Nome: SLE

**7.5 [m]**

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

8.50 [m]

Pressione massima terreno

5.33 [kPa]

Momento massimo

28.64 [kNm/m]

Taglio massimo

38.40 [kN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore

Reazione tirante

50.00 [kN]

Fattore sicurezza

6.08

T medio

Reazione tirante

100.00 [kN]

Fattore sicurezza

3.81

T inferiore

Reazione tirante

150.00 [kN]

Fattore sicurezza

3.43

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	-0.38	0.00	-0.37	-0.1234	--
0.52	--	4.81	-0.10	-1.11	-0.1184	--
0.78	--	10.00	-0.38	-2.13	-0.1134	--
1.04	--	14.19	-0.93	11.23	-0.1084	--
1.29	--	19.38	1.98	9.47	-0.1033	--
1.55	--	24.57	4.43	7.81	-0.0983	--
1.81	--	29.76	6.45	6.00	-0.0934	--
2.07	--	34.95	8.00	4.38	-0.0885	--
2.33	--	40.14	9.13	2.79	-0.0837	--
2.59	--	44.33	9.86	0.94	-0.0789	--
2.85	--	49.52	10.09	-1.11	-0.0743	--
3.11	--	54.71	9.80	-3.56	-0.0698	--
3.36	--	59.90	8.87	-6.42	-0.0654	--
3.62	--	65.09	7.20	-9.69	-0.0611	--
3.88	--	70.28	4.69	27.55	-0.0568	--
4.14	--	75.47	11.82	23.33	-0.0526	--
4.40	--	79.65	17.86	19.47	-0.0486	--
4.66	--	84.84	22.90	13.45	-0.0447	--
4.92	--	90.03	26.38	7.33	-0.0410	--
5.18	--	95.22	28.27	1.38	-0.0377	--
5.44	0.00	100.41	28.64	-4.61	-0.0346	--
5.69	0.00	105.60	27.45	-10.72	-0.0318	--
5.95	--	109.79	24.67	-17.00	-0.0292	--
6.21	0.00	114.98	20.27	-23.63	-0.0270	--
6.47	--	120.17	14.16	-30.76	-0.0249	--

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

6.73	--	125.36	6.20	-38.40	-0.0230	--
6.99	--	130.55	-3.74	21.92	-0.0211	--
7.25	--	135.74	1.93	13.24	-0.0193	--
7.51	--	139.93	5.36	5.47	-0.0174	4400.39
7.76	--	161.12	6.77	4.23	-0.0156	7181.77
8.02	1.38	164.31	7.87	3.09	-0.0139	9963.15
8.28	1.56	167.50	8.67	2.07	-0.0122	12744.54
8.54	1.66	170.69	9.21	1.20	-0.0107	15525.92
8.80	1.68	173.88	9.52	0.55	-0.0092	18307.31
9.04	1.65	176.84	9.65	-0.05	-0.0079	20886.41
9.28	1.58	179.79	9.64	-0.62	-0.0067	23465.51
9.52	1.47	182.75	9.49	-1.15	-0.0056	26044.61
9.76	1.32	185.71	9.21	-1.63	-0.0046	28623.71
10.00	1.24	188.67	8.82	-2.04	-0.0037	33720.29
10.24	0.99	191.62	8.33	-2.37	-0.0028	35183.99
10.48	0.74	194.58	7.76	-2.63	-0.0020	36647.69
10.72	0.50	197.54	7.13	-2.82	-0.0013	38111.39
10.96	0.26	200.50	6.46	-2.94	-0.0007	39575.09
11.20	0.02	203.45	5.75	-3.00	-0.0001	41038.79
11.44	-0.21	206.41	5.03	-2.99	0.0005	42502.48
11.68	-0.44	209.37	4.31	-2.92	0.0010	43966.18
11.92	-0.66	212.33	3.61	-2.80	0.0015	45429.88
12.16	-0.88	215.28	2.94	-2.64	0.0019	46893.57
12.40	-1.11	218.24	2.31	-2.43	0.0023	48357.27
12.64	-1.33	221.20	1.72	-2.19	0.0027	49820.97
12.88	-1.56	224.16	1.20	-1.89	0.0030	51284.67
13.12	-1.79	227.11	0.74	-1.55	0.0034	52748.37
13.36	-2.03	230.07	0.37	-1.15	0.0038	54212.06
13.60	-2.28	233.03	0.10	-0.70	0.0041	55675.76
13.84	-2.54	235.99	-0.07	-0.26	0.0044	57139.46
14.08	-2.81	238.95	-0.13	0.06	0.0048	58603.16
14.32	-3.09	241.90	-0.12	0.27	0.0051	60066.85
14.56	-3.38	244.86	-0.06	0.37	0.0055	61530.55
14.80	-3.68	247.82	0.03	0.37	0.0058	62994.25
15.04	-3.99	250.78	0.12	0.27	0.0062	64457.95
15.28	-4.31	253.73	0.19	0.08	0.0065	65921.64
15.52	-4.64	256.69	0.21	-0.23	0.0069	67385.34
15.76	-4.98	259.65	0.15	-0.64	0.0072	68849.04

**Fase: 7 Analisi geotecnica Fase: 7 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -8.8 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [STR] **8.8 [m]**

Nome: Al+M1+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 7.20 [m]  
 Pressione massima terreno 68.01 [kPa]  
 Momento massimo 90.88 [kNm/m]  
 Taglio massimo 65.26 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore						
Reazione tirante					50.00 [kN]	
Fattore sicurezza					6.08	
T medio						
Reazione tirante					101.13 [kN]	
Fattore sicurezza					3.77	
T inferiore						
Reazione tirante					184.58 [kN]	
Fattore sicurezza					2.78	

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	7.55	0.00	-0.49	-0.1335	--
0.52	--	12.74	-0.13	-1.42	-0.1235	--
0.78	--	17.93	-0.49	-2.75	-0.1135	--
1.04	--	22.12	-1.20	10.60	-0.1035	--
1.29	--	27.31	1.55	8.37	-0.0935	--
1.55	--	32.50	3.71	6.22	-0.0835	--
1.81	--	37.69	5.32	3.73	-0.0735	--
2.07	--	42.88	6.29	1.21	-0.0636	--
2.33	--	48.07	6.60	-1.48	-0.0537	--
2.59	--	52.26	6.22	-4.51	-0.0440	--
2.85	--	57.45	5.05	-7.92	-0.0343	--
3.11	--	62.64	3.00	-11.79	-0.0246	--
3.36	--	67.83	-0.05	-16.15	-0.0150	--
3.62	--	73.02	-4.23	-21.03	-0.0053	--
3.88	--	78.21	-9.68	65.26	0.0044	--
4.14	--	83.40	7.21	59.24	0.0141	--
4.40	--	87.59	22.55	53.85	0.0238	--
4.66	--	92.77	36.48	46.29	0.0332	--
4.92	--	97.96	48.47	37.79	0.0423	--
5.18	--	103.15	58.24	29.19	0.0509	--
5.44	--	108.34	65.80	20.30	0.0589	--
5.69	--	113.53	71.05	11.20	0.0662	--
5.95	--	117.72	73.94	1.79	0.0727	--
6.21	--	122.91	74.39	-8.10	0.0786	--
6.47	--	128.10	72.30	-18.60	0.0836	--
6.73	--	133.29	67.48	-29.68	0.0879	--
6.99	--	138.48	59.81	48.45	0.0915	--
7.25	--	143.67	72.36	36.18	0.0945	--
7.51	--	147.86	81.73	23.43	0.0967	--
7.76	49.98	170.05	87.80	11.95	0.0981	--
8.02	54.50	177.24	90.88	-2.58	0.0986	--
8.28	59.28	183.43	90.22	-18.26	0.0982	--
8.54	63.68	190.62	85.50	-35.02	0.0968	--
8.80	68.01	196.81	76.43	-48.75	0.0946	4400.39
9.04	--	203.77	64.73	-47.49	0.0918	6979.49
9.28	-8.45	209.72	53.32	-45.68	0.0884	9558.59
9.52	-10.27	216.68	42.36	-43.45	0.0846	12137.69
9.76	-11.83	222.64	31.93	-40.78	0.0804	14716.79
10.00	-13.13	228.60	22.14	-37.65	0.0759	17295.89
10.24	-19.44	480.55	13.11	-33.25	0.0712	27291.49
10.48	-19.11	483.51	5.13	-28.74	0.0664	28755.19
10.72	-18.61	486.47	-1.77	-24.33	0.0616	30218.89
10.96	-17.98	489.43	-7.61	-20.18	0.0568	31682.59
11.20	-17.23	492.38	-12.46	-16.27	0.0520	33146.29
11.44	-16.38	495.34	-16.36	-12.55	0.0473	34609.99
11.68	-15.44	498.30	-19.37	-9.09	0.0428	36073.68
11.92	-14.44	501.26	-21.55	-5.90	0.0385	37537.38
12.16	-13.38	504.21	-22.97	-2.97	0.0343	39001.08
12.40	-12.29	507.17	-23.68	-0.32	0.0304	40464.78
12.64	-11.16	510.13	-23.76	2.09	0.0266	41928.48
12.88	-10.02	513.09	-23.26	4.20	0.0231	43392.18
13.12	-8.86	516.05	-22.25	6.04	0.0198	44855.88
13.36	-7.70	519.00	-20.80	7.64	0.0166	46319.57
13.60	-6.53	521.96	-18.97	8.96	0.0137	47783.27
13.84	-5.37	524.92	-16.82	10.00	0.0109	49246.97
14.08	-4.19	527.88	-14.42	10.62	0.0083	50710.67
14.32	-3.01	530.83	-11.87	10.75	0.0058	52174.37
14.56	-1.80	533.79	-9.29	10.38	0.0034	53638.06
14.80	-0.58	536.75	-6.80	9.50	0.0010	55101.76
15.04	0.68	539.71	-4.52	8.12	-0.0012	56565.46
15.28	1.99	542.66	-2.57	6.21	-0.0034	58029.16

15.52	3.34	545.62	-1.08	3.75	-0.0056	59492.85
15.76	4.75	548.58	-0.18	0.74	-0.0078	60956.55

**Fase: 7 - Combinazione: 2**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -7.7 [m]  
 Profondità di valle -8.8 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR] 8.8 [m]

Nome: A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 7.20 [m]  
 Pressione massima terreno 65.08 [kPa]  
 Momento massimo 94.43 [kNm/m]  
 Taglio massimo 67.52 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [KN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 112.05 [KN]  
 Fattore sicurezza 3.40  
 T inferiore  
 Reazione tirante 199.84 [KN]  
 Fattore sicurezza 2.57

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.26	--	12.01	0.00	-0.46	-0.0935	--
0.52	--	18.20	-0.13	-1.39	-0.0832	--
0.78	--	23.39	-0.49	-2.77	-0.0729	--
1.04	--	29.58	-1.20	14.11	-0.0626	--
1.29	--	34.77	2.45	11.87	-0.0524	--
1.55	--	40.96	5.52	9.68	-0.0421	--
1.81	--	46.15	8.02	7.09	-0.0319	--
2.07	--	52.34	9.86	1.17	-0.0218	--
2.33	--	57.53	10.16	-1.98	-0.0118	--
2.59	--	62.72	9.65	-5.49	-0.0019	--
2.85	--	68.91	8.23	-9.39	0.0080	--
3.11	--	74.10	5.80	-13.68	0.0177	--

**Analisi delle condizioni di lavoro transitorie, Meccanismi di rottura locali dell'opera di sostegno**

3.36	--	80.29	2.26	-18.43	0.0274	--
3.62	--	85.48	-2.51	-23.67	0.0370	--
3.88	--	91.67	-8.63	67.52	0.0467	--
4.14	--	96.86	8.85	61.30	0.0564	--
4.40	--	102.05	24.72	55.73	0.0661	--
4.66	--	108.24	39.15	47.97	0.0755	--
4.92	--	113.43	51.56	38.93	0.0845	--
5.18	--	119.62	61.64	29.57	0.0929	--
5.44	--	124.81	69.29	19.89	0.1008	--
5.69	--	131.00	74.44	9.94	0.1079	--
5.95	--	136.19	77.01	-0.34	0.1142	--
6.21	--	142.38	76.90	-10.96	0.1198	--
6.47	--	147.57	74.06	-21.95	0.1246	--
6.73	--	152.75	68.38	-33.39	0.1286	--
6.99	--	158.94	59.75	52.12	0.1319	--
7.25	--	164.13	73.24	39.60	0.1346	--
7.51	--	170.32	83.49	26.61	0.1365	--
7.76	51.46	197.51	90.38	15.04	0.1376	--
8.02	54.88	205.70	94.28	0.62	0.1377	--
8.28	58.34	212.89	94.43	-14.80	0.1369	--
8.54	61.77	221.08	90.60	-30.99	0.1351	--
8.80	65.08	228.27	82.59	-44.46	0.1324	1677.75
9.04	--	235.23	71.91	-43.65	0.1291	3023.76
9.28	-5.47	243.19	61.43	-42.63	0.1251	4369.77
9.52	-6.90	250.14	51.19	-41.31	0.1207	5715.79
9.76	-8.17	257.10	41.28	-39.66	0.1157	7061.80
10.00	-9.29	264.06	31.76	-37.45	0.1105	8407.81
10.24	-16.37	575.02	22.77	-33.83	0.1049	15608.35
10.48	-16.34	577.97	14.65	-30.11	0.0991	16486.86
10.72	-16.18	580.93	7.43	-26.33	0.0932	17365.36
10.96	-15.91	583.89	1.11	-22.73	0.0872	18243.87
11.20	-15.53	586.85	-4.34	-19.15	0.0812	19122.38
11.44	-15.06	589.81	-8.93	-15.62	0.0753	20000.89
11.68	-14.49	592.76	-12.68	-12.27	0.0694	20879.40
11.92	-13.85	595.72	-15.62	-9.06	0.0637	21757.91
12.16	-13.14	598.68	-17.80	-6.05	0.0580	22636.42
12.40	-12.36	601.64	-19.25	-3.29	0.0526	23514.92
12.64	-11.53	604.59	-20.05	-0.74	0.0473	24393.43
12.88	-10.65	607.55	-20.22	1.52	0.0421	25271.94
13.12	-9.73	610.51	-19.85	3.59	0.0372	26150.45
13.36	-8.77	613.47	-18.99	5.45	0.0324	27028.96
13.60	-7.77	616.42	-17.68	7.01	0.0278	27907.46
13.84	-6.74	619.38	-16.00	8.33	0.0234	28785.97
14.08	-5.67	622.34	-14.00	9.39	0.0191	29664.48
14.32	-4.56	625.30	-11.75	10.05	0.0149	30542.99
14.56	-3.41	628.25	-9.34	10.11	0.0109	31421.50
14.80	-2.22	631.21	-6.91	9.56	0.0069	32300.00
15.04	-0.97	634.17	-4.62	8.35	0.0029	33178.51
15.28	0.32	637.13	-2.61	6.46	-0.0010	34057.02
15.52	1.68	640.08	-1.06	3.87	-0.0048	34935.53
15.76	3.10	643.04	-0.13	0.54	-0.0087	35814.04

**Fase: 7 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte  
Profondità di valle

-7.7 [m]  
-8.8 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E.  
Nome: SLE

**8.8 [m]**

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 7.20 [m]  
 Pressione massima terreno 48.75 [kPa]  
 Momento massimo 65.45 [kNm/m]  
 Taglio massimo 42.75 [kN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 107.37 [kN]  
 Fattore sicurezza 3.55  
 T inferiore  
 Reazione tirante 180.17 [kN]  
 Fattore sicurezza 2.85

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.26	--	8.81	0.00	-0.34	-0.0862	--
0.52	--	14.00	-0.10	-1.06	-0.0776	--
0.78	--	19.19	-0.37	-2.11	-0.0690	--
1.04	--	23.38	-0.92	15.42	-0.0603	--
1.29	--	28.57	3.08	13.70	-0.0517	--
1.55	--	33.75	6.63	12.05	-0.0431	--
1.81	--	38.94	9.75	10.23	-0.0345	--
2.07	--	44.13	12.39	8.61	-0.0261	--
2.33	--	49.32	14.62	7.03	-0.0177	--
2.59	--	53.51	16.44	5.20	-0.0096	--
2.85	--	58.70	17.79	3.10	-0.0016	--
3.11	--	63.89	18.59	0.64	0.0063	--
3.36	--	69.08	18.76	-2.20	0.0139	--
3.62	--	74.27	18.19	-5.48	0.0213	--
3.88	--	79.46	16.77	42.75	0.0286	--
4.14	--	84.65	27.84	38.52	0.0356	--
4.40	--	88.84	37.81	34.65	0.0424	--
4.66	--	94.03	46.78	28.62	0.0488	--
4.92	--	99.22	54.18	22.51	0.0547	--
5.18	--	104.41	60.00	16.54	0.0600	--
5.44	--	109.60	64.28	4.52	0.0647	--
5.69	--	114.79	65.45	-7.75	0.0688	--
5.95	--	118.98	63.44	-13.98	0.0722	--
6.21	--	124.17	59.81	-27.29	0.0750	--
6.47	--	129.36	52.74	-34.38	0.0771	--
6.73	--	134.55	43.84	-42.01	0.0787	--
6.99	--	139.74	32.97	37.38	0.0799	--
7.25	--	144.93	42.65	28.69	0.0806	--
7.51	--	149.12	50.07	19.51	0.0810	--
7.76	36.24	171.30	55.12	10.69	0.0808	--
8.02	38.40	178.49	57.88	-0.09	0.0801	--
8.28	41.78	184.68	57.86	-11.53	0.0787	--
8.54	45.24	191.87	54.87	-23.68	0.0768	--
8.80	48.75	198.06	48.75	-33.53	0.0743	4400.39
9.04	--	205.02	40.70	-32.92	0.0716	6979.49
9.28	-6.54	210.98	32.79	-31.92	0.0685	9558.59
9.52	-7.90	217.94	25.14	-30.57	0.0651	12137.69
9.76	-9.04	223.89	17.80	-28.82	0.0614	14716.79
10.00	-9.97	229.85	10.89	-26.77	0.0576	17295.89
10.24	-14.67	481.81	4.46	-23.64	0.0538	27291.49
10.48	-14.33	484.77	-1.21	-20.47	0.0498	28755.19
10.72	-13.88	487.72	-6.13	-17.31	0.0459	30218.89
10.96	-13.33	490.68	-10.28	-14.25	0.0421	31682.59
11.20	-12.69	493.64	-13.70	-11.27	0.0383	33146.29
11.44	-11.99	496.60	-16.40	-8.45	0.0346	34609.99
11.68	-11.24	499.55	-18.42	-5.76	0.0311	36073.68
11.92	-10.44	502.51	-19.80	-3.30	0.0278	37537.38
12.16	-9.61	505.47	-20.60	-1.05	0.0246	39001.08

12.40	-8.76	508.43	-20.85	0.99	0.0216	40464.78
12.64	-7.90	511.38	-20.61	2.82	0.0188	41928.48
12.88	-7.04	514.34	-19.93	4.42	0.0162	43392.18
13.12	-6.18	517.30	-18.88	5.82	0.0138	44855.88
13.36	-5.33	520.26	-17.48	7.01	0.0115	46319.57
13.60	-4.49	523.22	-15.80	8.00	0.0094	47783.27
13.84	-3.65	526.17	-13.88	8.70	0.0074	49246.97
14.08	-2.81	529.13	-11.79	9.02	0.0055	50710.67
14.32	-1.98	532.09	-9.63	8.96	0.0038	52174.37
14.56	-1.14	535.05	-7.47	8.53	0.0021	53638.06
14.80	-0.29	538.00	-5.43	7.72	0.0005	55101.76
15.04	0.58	540.96	-3.58	6.52	-0.0010	56565.46
15.28	1.48	543.92	-2.01	4.93	-0.0026	58029.16
15.52	2.41	546.88	-0.83	2.93	-0.0041	59492.85
15.76	3.38	549.83	-0.13	0.52	-0.0056	60956.55

**Carico limite verticale**

**Fase 1 Combinazione 1**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	265.217 kN
Fattore sicurezza	7.773

**Fase 1 Combinazione 2**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	288.217 kN
Fattore sicurezza	7.153

**Fase 1 Combinazione 3**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	265.217 kN
Fattore sicurezza	7.773

**Fase 2 Combinazione 1**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	264.167 kN
Fattore sicurezza	7.804

**Fase 2 Combinazione 2**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	286.816 kN
Fattore sicurezza	7.188

**Fase 2 Combinazione 3**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	264.035 kN
Fattore sicurezza	7.808

**Fase 3 Combinazione 1**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	266.933 kN
Fattore sicurezza	7.723
<b>Fase 3 Combinazione 2</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	290.942 kN
Fattore sicurezza	7.086
<b>Fase 3 Combinazione 3</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	265.207 kN
Fattore sicurezza	7.774
<b>Fase 4 Combinazione 1</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	262.269 kN
Fattore sicurezza	7.861
<b>Fase 4 Combinazione 2</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	285.713 kN
Fattore sicurezza	7.216
<b>Fase 4 Combinazione 3</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	259.750 kN
Fattore sicurezza	7.937
<b>Fase 5 Combinazione 1</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	265.524 kN
Fattore sicurezza	7.764
<b>Fase 5 Combinazione 2</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	291.897 kN
Fattore sicurezza	7.063
<b>Fase 5 Combinazione 3</b>	
Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN
Forza verticale agente	266.030 kN
Fattore sicurezza	7.750
<b>Fase 6 Combinazione 1</b>	
Fattore Nc	17.288

Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	259.450 kN
Fattore sicurezza	7.946

**Fase 6 Combinazione 2**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	285.528 kN
Fattore sicurezza	7.220

**Fase 6 Combinazione 3**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	259.648 kN
Fattore sicurezza	7.940

**Fase 7 Combinazione 1**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	548.579 kN
Fattore sicurezza	3.758

**Fase 7 Combinazione 2**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	643.042 kN
Fattore sicurezza	3.206

**Fase 7 Combinazione 3**

Fattore Nc	17.288
Fattore Nq	9.061
Carico limite punta	606.871 kN
Carico limite laterale	1454.753 kN
Carico limite totale	2061.624 kN

Forza verticale agente	549.834 kN
Fattore sicurezza	3.750

**GEOMETRIA SEZIONE**

Sezione  
Calcestruzzo  
Acciaio  
Nome Paratia 800  
Diametro  
Disposizione  
Interasse Iy

Circolare Barre  
C28/35  
B450C  
  
0.8 m  
Singola fila  
1 m

**Archivio cordoli ancoraggio tiranti**

Nr.	Descrizione	Materiale	Base [cm]	Altezza [cm]	Altezza [cm <sup>2</sup> ]	Wx [cm <sup>3</sup> ]	Wy [cm <sup>3</sup> ]
1	HE220A	Acciaio	22.00	21.00	64.34	515.21	177.6 9

**Archivio tiranti**

Nr.	Descrizione	Area armatura [cm <sup>2</sup> ]	Diametro foro [m]	Diametro bulbo [m]	Lughezza libera [m]	Lunghezza bulbo [m]	Materiale Acciaio	Materiale Calcestruzzo
1	T sup	8.4	0.15	0.225	9.3	9	C1860	C25/30
2	T medio	8.4	0.15	0.225	6.3	10	C1860	C25/30
3	T inf	8.4	0.15	0.225	4.3	11	C1860	C25/30

**Dati generali FEM**

Massimo spostamento lineare terreno 0.5 cm  
 Fattore tolleranza spostamento 3.75 cm  
 Tipo analisi Non lineare  
 Massimo numero di iterazioni 10  
 Fattore riduzione molla fondo scavo 1  
 Profondità infissione iniziale 9.2 m  
 Incremento profondità infissione 0.2 m  
 Numero di elementi 64  
 Numero nodo di fondo scavo 34

**Stratigrafia**

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	LAs

Fase: 2

Nr.	Peso specifico [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifico saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	14.6	19.1	0.0	30.0	1.0	7500.0	20.0	-20.0	10.0	9.0	SA
2	14.3	18.9	20.0	25.0	1.0	17300.0	17.0	-17.0	20.0	0.0	LAs

**Tiranti**

Fase: 1

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100
T inferiore	0	-7	15	2	25	0	T inf	1	Attivo	150

Fase: 2

Descrizione	x [m]	z [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Angolo attrito [°]	Adesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Tipologia	Cordolo	Attivo Passivo	Tiro iniziale [kN]
T superiore	0	-1	15	2	25	0	T sup	1	Attivo	50
T medio	0	-4	15	2	25	0	T medio	1	Attivo	100
T inferiore	0	-7	15	2	25	0	T inf	1	Attivo	150

**Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM**

Profondità massima di infissione 9.2 [m]

**Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -6.8 [m]  
 Profondità di valle -6.8 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO-STR]  
 Nome: SLV  
 Coefficienti sismici: Kh = 0.347, Kv = 0  
 Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 66.77 [kPa]  
 Momento massimo 219.24 [kNm/m]  
 Taglio massimo 93.24 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 246.81 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.23  
 T medio  
 Reazione tirante 259.97 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.47  
 T inferiore  
 Reazione tirante 215.71 [KN]  
 Fattore sicurezza 2.38

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.21	65.80	60.14	-1.42	-19.57	1.2760	--
0.41	64.82	64.68	-5.45	-33.22	1.2385	--
0.62	63.85	68.22	-12.32	-47.26	1.2012	--
0.82	62.87	71.76	-21.98	-59.64	1.1639	--
1.03	61.90	75.30	-34.18	50.29	1.1267	--
1.24	60.92	79.84	-23.74	38.10	1.0898	--
1.44	59.94	83.38	-15.94	26.73	1.0530	--
1.65	58.97	86.92	-10.41	15.47	1.0163	--
1.85	57.99	91.46	-7.31	4.18	0.9797	--
2.06	57.02	95.00	-6.35	-7.55	0.9432	--
2.27	56.04	98.53	-7.94	-17.85	0.9066	--
2.47	55.07	103.07	-11.64	-29.90	0.8702	--
2.68	54.09	106.61	-17.80	-40.44	0.8338	--
2.88	53.12	110.15	-26.12	-51.02	0.7975	--
3.09	52.14	113.69	-36.57	-61.76	0.7614	--

3.30	51.17	118.23	-49.30	-72.31	0.7256	--
3.50	50.19	121.77	-64.19	-83.05	0.6901	--
3.71	49.21	125.31	-81.27	-93.24	0.6550	---
3.92	48.24	129.85	-100.46	25.98	0.6204	--
4.12	47.26	133.39	-95.12	16.67	0.5865	--
4.33	46.29	136.93	-91.71	6.78	0.5531	--
4.53	45.31	141.47	-90.33	-2.60	0.5204	--
4.74	44.34	145.01	-90.83	-11.62	0.4883	--
4.95	43.36	148.55	-93.27	-20.62	0.4568	--
5.15	42.39	152.09	-97.51	-29.35	0.4259	--
5.36	41.41	156.62	-103.55	-38.06	0.3956	--
5.56	40.43	160.16	-111.39	-46.56	0.3660	--
5.77	39.46	163.70	-120.97	-54.44	0.3371	--
5.98	38.48	168.24	-132.18	-62.09	0.3091	--
6.18	37.51	171.78	-145.00	-69.62	0.2819	--
6.39	36.53	175.32	-159.37	-77.19	0.2556	--
6.59	35.56	178.86	-175.28	-84.26	0.2304	--
6.80	34.58	183.40	-192.64	-89.63	0.2063	4400.39
7.10	--	207.06	-219.24	15.56	0.1739	7589.60
7.39	-15.57	210.72	-214.62	20.18	0.1444	10778.81
7.69	-16.46	214.37	-208.62	25.08	0.1178	13968.02
7.99	-16.14	218.03	-201.18	29.88	0.0940	17157.23
8.28	-14.85	221.69	-192.31	34.27	0.0730	20346.44
8.58	-12.84	225.34	-182.13	38.07	0.0545	23535.65
8.88	-10.31	229.00	-170.84	41.14	0.0386	26724.87
9.17	-7.45	232.66	-158.63	43.36	0.0249	29914.08
9.47	-4.43	236.32	-145.76	44.67	0.0134	33103.29
9.77	-1.40	239.97	-132.50	45.09	0.0039	36292.50
10.06	1.49	243.63	-119.12	44.65	-0.0039	38418.75
10.36	4.02	247.29	-105.87	43.45	-0.0100	40228.70
10.66	6.18	250.94	-92.98	41.62	-0.0147	42038.65
10.95	7.94	254.60	-80.63	39.27	-0.0181	43848.60
11.25	9.34	258.26	-68.97	36.49	-0.0204	45658.55
11.55	10.37	261.92	-58.14	33.41	-0.0218	47468.50
11.85	11.06	265.57	-48.23	30.12	-0.0224	49278.46
12.14	11.44	269.23	-39.29	26.73	-0.0224	51088.41
12.44	11.53	272.89	-31.35	23.31	-0.0218	52898.36
12.74	11.37	276.55	-24.43	19.93	-0.0208	54708.31
13.03	10.99	280.20	-18.52	16.67	-0.0194	56518.26
13.33	10.40	283.86	-13.57	13.59	-0.0178	58328.21
13.63	9.65	287.52	-9.54	10.72	-0.0160	60138.16
13.92	8.75	291.17	-6.36	8.13	-0.0141	61948.12
14.22	7.72	294.83	-3.95	5.83	-0.0121	63758.07
14.52	6.59	298.49	-2.22	3.87	-0.0101	65568.02
14.81	5.36	302.15	-1.07	2.28	-0.0080	67377.97
15.11	4.05	305.80	-0.39	1.08	-0.0058	69187.91
15.41	2.65	309.46	-0.07	0.29	-0.0037	70997.87
15.70	1.17	313.12	0.02	-0.06	-0.0016	72807.81

Fase: 1 - Combinazione: 2

Profondità della falda

Profondità di monte  
Profondità di valle

-6.8 [m]  
-6.8 [m]

Altezza scavo

Tipo: S.L.E.  
Nome: SLD

6.8 [m]

Coefficienti sismici:

Kh = 0.1631, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1

5	Orizzontale	1
---	-------------	---

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 34.58 [kPa]  
 Momento massimo 30.61 [kNm/m]  
 Taglio massimo 54.43 [kN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	304.00	
T medio	--	--	--	--	--	381.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	514.00	

T superiore  
 Reazione tirante 50.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 6.08  
 T medio  
 Reazione tirante 100.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 3.81  
 T inferiore  
 Reazione tirante 150.00 [kN]  
 Fattore sicurezza 3.43

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.21	1.05	1.19	-0.01	-0.28	-0.0470	--
0.41	2.10	5.73	-0.07	-0.66	-0.0449	--
0.62	3.14	9.27	-0.21	-1.30	-0.0429	--
0.82	4.19	12.81	-0.48	-2.22	-0.0408	--
1.03	5.24	16.35	-0.94	17.45	-0.0388	--
1.24	6.29	20.88	2.66	16.13	-0.0367	--
1.44	7.34	24.42	5.99	14.61	-0.0347	--
1.65	8.38	27.96	9.00	12.86	-0.0327	--
1.85	9.43	32.50	11.65	10.91	-0.0307	--
2.06	10.48	36.04	13.90	8.72	-0.0288	--
2.27	11.53	39.58	15.70	6.35	-0.0271	--
2.47	12.58	44.12	17.01	3.74	-0.0254	--
2.68	13.62	47.66	17.78	0.91	-0.0238	--
2.88	14.67	51.20	17.97	-2.09	-0.0224	--
3.09	15.72	54.74	17.54	-5.34	-0.0210	--
3.30	16.77	59.28	16.44	-8.80	-0.0198	--
3.50	17.81	62.82	14.62	-12.46	-0.0187	--
3.71	18.86	66.36	12.06	-16.34	-0.0177	--
3.92	19.91	70.90	8.69	25.67	-0.0167	--
4.12	20.96	74.44	13.98	21.34	-0.0159	--
4.33	22.01	77.97	18.38	16.83	-0.0151	--
4.53	23.05	82.51	21.84	12.06	-0.0144	--
4.74	24.10	86.05	24.33	7.11	-0.0139	--
4.95	25.15	89.59	25.79	1.91	-0.0135	--
5.15	26.20	93.13	26.19	-3.48	-0.0133	--
5.36	27.25	97.67	25.47	-9.09	-0.0133	--
5.56	28.29	101.21	23.60	-14.92	-0.0134	--
5.77	29.34	104.75	20.52	-20.96	-0.0137	--
5.98	30.39	109.29	16.20	-27.24	-0.0141	--
6.18	31.44	112.83	10.59	-33.73	-0.0147	--
6.39	32.49	116.37	3.64	-40.43	-0.0153	--
6.59	33.53	119.91	-4.69	-47.35	-0.0159	--
6.80	34.58	124.45	-14.45	-54.43	-0.0165	4400.39
7.10	--	148.10	-30.61	14.78	-0.0171	7589.60
7.39	1.88	151.76	-26.22	14.23	-0.0174	10778.81
7.69	2.42	155.42	-21.99	13.51	-0.0173	13968.02
7.99	2.91	159.08	-17.99	12.64	-0.0170	17157.23
8.28	3.33	162.73	-14.23	11.66	-0.0163	20346.44
8.58	3.66	166.39	-10.77	10.58	-0.0155	23535.65
8.88	3.90	170.05	-7.63	9.43	-0.0146	26724.87
9.17	4.05	173.71	-4.83	8.22	-0.0135	29914.08
9.47	4.11	177.36	-2.40	7.00	-0.0124	33103.29
9.77	4.08	181.02	-0.32	5.78	-0.0112	36292.50
10.06	3.87	184.68	1.40	4.64	-0.0101	38418.75
10.36	3.59	188.33	2.77	3.57	-0.0089	40228.70
10.66	3.29	191.99	3.83	2.59	-0.0078	42038.65
10.95	2.97	195.65	4.60	1.71	-0.0068	43848.60
11.25	2.64	199.31	5.11	0.93	-0.0058	45658.55
11.55	2.30	202.96	5.39	0.24	-0.0049	47468.50
11.85	1.97	206.62	5.46	-0.34	-0.0040	49278.46
12.14	1.64	210.28	5.36	-0.83	-0.0032	51088.41
12.44	1.33	213.94	5.11	-1.22	-0.0025	52898.36
12.74	1.02	217.59	4.75	-1.53	-0.0019	54708.31
13.03	0.73	221.25	4.30	-1.74	-0.0013	56518.26
13.33	0.46	224.91	3.78	-1.88	-0.0008	58328.21

13.63	0.19	228.56	3.22	-1.93	-0.0003	60138.16
13.92	-0.07	232.22	2.65	-1.92	0.0001	61948.12
14.22	-0.31	235.88	2.08	-1.82	0.0005	63758.07
14.52	-0.56	239.54	1.54	-1.66	0.0008	65568.02
14.81	-0.80	243.19	1.05	-1.42	0.0012	67377.97
15.11	-1.04	246.85	0.62	-1.11	0.0015	69187.91
15.41	-1.29	250.51	0.30	-0.73	0.0018	70997.87
15.70	-1.55	254.17	0.08	-0.27	0.0021	72807.81

**Fase: 2 Analisi geotecnica Fase: 2 - Combinazione: 1**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -0.0 [m]  
 Profondità di valle -3.3 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.U. [GEO]  
 Nome: Al+M1+R1  
 Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0  
 Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 73.56 [kPa]  
 Momento massimo 127.45 [kNm/m]  
 Taglio massimo 144.74 [kN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	230.00	
T medio	--	--	--	--	--	284.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	348.00	

T superiore  
 Reazione tirante 160.74 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.43  
 T medio  
 Reazione tirante 223.27 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.27  
 T inferiore  
 Reazione tirante 228.75 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.52

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.21	2.65	46.44	-0.03	-0.27	0.6701	--
0.41	6.50	49.98	-0.09	-1.87	0.6611	--
0.62	10.36	53.52	-0.45	-4.09	0.6521	--
0.82	14.22	57.06	-1.26	-7.22	0.6430	--
1.03	18.07	60.60	-2.66	68.86	0.6340	--
1.24	21.93	64.14	11.58	64.69	0.6250	--
1.44	25.79	67.68	24.90	59.79	0.6159	--
1.65	29.64	71.22	37.18	54.37	0.6066	--
1.85	33.50	74.76	48.39	47.44	0.5972	--

2.06	37.36	78.30	58.20	40.20	0.5873	--
2.27	41.21	82.84	66.49	32.13	0.5771	--
2.47	45.07	86.38	73.13	22.73	0.5665	---
2.68	48.93	89.92	77.75	13.33	0.5554	---
2.88	52.78	93.45	80.46	2.71	0.5438	---
3.09	56.64	96.99	80.95	-9.09	0.5317	---
3.30	60.50	100.53	79.07	-21.45	0.5190	---
3.50	61.31	104.07	74.63	-34.44	0.5058	---
3.71	62.07	107.61	67.51	-47.23	0.4922	---
3.92	62.84	111.15	57.78	50.08	0.4781	---
4.12	63.60	114.69	68.08	37.64	0.4636	---
4.33	64.37	119.23	75.85	23.43	0.4487	---
4.53	65.14	122.77	80.73	10.39	0.4332	---
4.74	65.90	126.31	82.87	-2.94	0.4173	---
4.95	66.67	129.85	82.22	-16.65	0.4008	---
5.15	67.43	133.39	78.74	-30.73	0.3837	---
5.36	68.20	136.93	72.41	-44.90	0.3662	---
5.56	68.96	140.47	63.21	-59.47	0.3482	---
5.77	69.73	144.01	50.97	-73.39	0.3298	---
5.98	70.50	147.55	35.82	-87.62	0.3110	---
6.18	71.26	151.08	17.74	-102.29	0.2920	---
6.39	72.03	154.62	-3.32	-117.15	0.2729	---
6.59	72.79	159.16	-27.47	-131.61	0.2539	---
6.80	73.56	162.70	-54.61	-144.74	0.2350	4400.39
7.10	--	167.36	-97.58	-32.97	0.2085	7589.60
7.39	-19.75	173.02	-107.36	-27.17	0.1832	10778.81
7.69	-22.26	177.67	-115.42	-20.52	0.1594	13968.02
7.99	-23.53	183.33	-121.51	-13.51	0.1371	17157.23
8.28	-23.71	188.99	-125.51	-6.53	0.1165	20346.44
8.58	-22.97	193.65	-127.45	0.27	0.0976	23535.65
8.88	-21.49	199.30	-127.37	6.64	0.0804	26724.87
9.17	-19.42	203.96	-125.40	12.42	0.0649	29914.08
9.47	-16.93	209.62	-121.71	17.47	0.0512	33103.29
9.77	-14.16	214.28	-116.53	21.67	0.0390	36292.50
10.06	-10.94	273.93	-110.10	24.92	0.0285	38418.75
10.36	-7.81	277.59	-102.70	27.25	0.0194	40228.70
10.66	-4.94	281.25	-94.61	28.71	0.0118	42038.65
10.95	-2.35	284.90	-86.09	29.41	0.0054	43848.60
11.25	-0.07	288.56	-77.36	29.43	0.0002	45658.55
11.55	1.91	292.22	-68.63	28.86	-0.0040	47468.50
11.85	3.58	295.88	-60.06	27.80	-0.0073	49278.46
12.14	4.94	299.53	-51.81	26.33	-0.0097	51088.41
12.44	6.03	303.19	-44.00	24.55	-0.0114	52898.36
12.74	6.85	306.85	-36.71	22.51	-0.0125	54708.31
13.03	7.42	310.51	-30.03	20.30	-0.0131	56518.26
13.33	7.79	314.16	-24.00	18.00	-0.0133	58328.21
13.63	7.96	317.82	-18.66	15.63	-0.0132	60138.16
13.92	7.97	321.48	-14.02	13.28	-0.0129	61948.12
14.22	7.84	325.13	-10.08	10.94	-0.0123	63758.07
14.52	7.61	328.79	-6.84	8.68	-0.0116	65568.02
14.81	7.28	332.45	-4.26	6.52	-0.0108	67377.97
15.11	6.89	336.11	-2.33	4.47	-0.0100	69187.91
15.41	6.44	339.76	-1.00	2.56	-0.0091	70997.87
15.70	5.95	343.42	-0.24	0.80	-0.0082	72807.81

Fase: 2 - Combinazione: 2

Profondità della falda

Profondità di monte

-0.0 [m]

Profondità di valle

-3.3 [m]

Altezza scavo

6.8 [m]

Tipo: S.L.U. [GEO-STR]

Nome: A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 65.94 [kPa]  
 Momento massimo 92.68 [kNm/m]  
 Taglio massimo 126.45 [KN/m]

Carico limite tiranti

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	230.00	
T medio	--	--	--	--	--	284.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	348.00	

T superiore  
 Reazione tirante 142.61 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.61  
 T medio  
 Reazione tirante 206.68 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.37  
 T inferiore  
 Reazione tirante 224.11 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.55

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.21	2.43	41.17	-0.07	0.04	0.5560	--
0.41	5.83	44.71	-0.06	-1.87	0.5495	--
0.62	9.24	48.25	-0.40	-3.82	0.5431	--
0.82	12.65	52.78	-1.21	-5.99	0.5366	--
1.03	16.05	56.32	-2.45	61.13	0.5302	--
1.24	19.46	59.86	10.16	57.48	0.5237	--
1.44	22.87	64.40	21.94	53.05	0.5172	--
1.65	26.27	67.94	32.83	48.09	0.5106	--
1.85	29.68	72.48	42.70	42.16	0.5037	--
2.06	33.09	76.02	51.36	35.83	0.4965	--
2.27	36.49	79.56	58.71	28.30	0.4891	--
2.47	39.90	84.10	64.57	19.95	0.4812	--
2.68	43.31	87.64	68.64	11.49	0.4729	--
2.88	46.71	91.18	71.00	2.00	0.4642	--
3.09	50.12	95.72	71.36	-8.07	0.4550	--
3.30	53.53	99.26	69.66	-19.11	0.4453	--
3.50	54.29	102.80	65.68	-30.52	0.4352	--
3.71	55.02	107.34	59.36	-42.01	0.4247	--
3.92	55.75	110.88	50.70	48.59	0.4137	--
4.12	56.48	115.41	60.70	37.18	0.4025	--
4.33	57.21	118.95	68.36	24.90	0.3908	--
4.53	57.93	122.49	73.52	13.43	0.3787	--
4.74	58.66	127.03	76.25	1.17	0.3661	--
4.95	59.39	130.57	76.50	-11.10	0.3530	--
5.15	60.12	134.11	74.23	-23.59	0.3394	--
5.36	60.85	138.65	69.37	-36.02	0.3253	--
5.56	61.57	142.19	61.93	-48.94	0.3108	--
5.77	62.30	145.73	51.88	-61.70	0.2959	--
5.98	63.03	150.27	39.16	-74.33	0.2806	--
6.18	63.76	153.81	23.82	-87.25	0.2651	--
6.39	64.48	157.35	5.82	-100.57	0.2494	--
6.59	65.21	161.89	-14.93	-114.02	0.2337	--
6.80	65.94	165.43	-38.42	-126.45	0.2181	1677.75
7.10	--	171.08	-75.96	-16.98	0.1962	3342.17
7.39	-8.77	176.74	-81.00	-14.42	0.1751	5006.60
7.69	-10.35	182.40	-85.29	-11.40	0.1552	6671.02
7.99	-11.37	188.06	-88.67	-7.99	0.1365	8335.44
8.28	-11.89	193.71	-91.04	-4.53	0.1189	9999.87
8.58	-11.96	199.37	-92.38	-0.99	0.1025	11664.29
8.88	-11.66	205.03	-92.68	2.49	0.0875	13328.71
9.17	-11.04	210.68	-91.94	5.78	0.0736	14993.14
9.47	-10.17	216.34	-90.23	8.77	0.0610	16657.56
9.77	-9.10	222.00	-87.62	11.50	0.0497	18321.98
10.06	-8.80	229.66	-84.21	14.07	0.0395	22286.90
10.36	-7.12	297.31	-80.03	16.18	0.0305	23373.23
10.66	-5.50	300.97	-75.23	17.81	0.0225	24459.56
10.95	-3.98	304.63	-69.94	18.98	0.0156	25545.88
11.25	-2.55	308.29	-64.31	19.73	0.0096	26632.21
11.55	-1.24	311.94	-58.46	20.10	0.0045	27718.54

11.85	-0.04	315.60	-52.49	20.11	0.0001	28804.87
12.14	1.04	319.26	-46.52	19.80	-0.0035	29891.20
12.44	2.00	322.91	-40.64	19.20	-0.0065	30977.53
12.74	2.85	326.57	-34.94	18.36	-0.0089	32063.86
13.03	3.59	330.23	-29.50	17.29	-0.0108	33150.18
13.33	4.24	333.89	-24.36	16.03	-0.0124	34236.52
13.63	4.81	337.54	-19.61	14.60	-0.0136	35322.84
13.92	5.31	341.20	-15.27	13.02	-0.0146	36409.17
14.22	5.75	344.86	-11.41	11.32	-0.0153	37495.50
14.52	6.14	348.52	-8.05	9.49	-0.0159	38581.83
14.81	6.50	352.17	-5.23	7.56	-0.0164	39668.16
15.11	6.85	355.83	-2.99	5.53	-0.0168	40754.48
15.41	7.18	359.49	-1.35	3.39	-0.0172	41840.81
15.70	7.52	363.14	-0.34	1.15	-0.0175	42927.14

**Fase: 2 - Combinazione: 3**

**Profondità della falda**

Profondità di monte -0.0 [m]  
 Profondità di valle -3.3 [m]

**Altezza scavo**

Tipo: S.L.E. 6.8 [m]  
 Nome: SLE

Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0

**Coefficienti parziali azioni**

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 51.66 [kPa]  
 Momento massimo 75.37 [kNm/m]  
 Taglio massimo 99.94 [KN/m]

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	230.00	
T medio	--	--	--	--	--	284.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	348.00	

T superiore  
 Reazione tirante 107.24 [KN]  
 Fattore sicurezza 2.14  
 T medio  
 Reazione tirante 163.98 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.73  
 T inferiore  
 Reazione tirante 187.90 [KN]  
 Fattore sicurezza 1.85

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.21	1.87	25.86	0.01	-0.29	0.3450	--
0.41	4.52	29.40	-0.06	-1.43	0.3407	--
0.62	7.17	32.94	-0.31	-3.06	0.3364	--

0.82	9.82	36.48	-0.94	-4.80	0.3320	--
1.03	12.47	40.02	-1.92	45.46	0.3277	--
1.24	15.12	43.56	7.45	42.51	0.3234	---
1.44	17.77	47.09	16.19	39.09	0.3190	--
1.65	20.42	50.63	24.22	35.16	0.3145	--
1.85	23.07	54.17	31.46	30.57	0.3099	---
2.06	25.72	57.71	37.75	25.47	0.3051	--
2.27	28.37	62.25	42.97	19.73	0.3000	--
2.47	31.02	65.79	46.99	13.41	0.2946	---
2.68	33.67	69.33	49.72	6.69	0.2889	---
2.88	36.32	72.87	51.08	-0.79	0.2829	--
3.09	38.97	76.41	50.89	-8.83	0.2766	---
3.30	41.62	79.95	49.08	-17.44	0.2699	---
3.50	42.24	83.49	45.49	-26.25	0.2630	--
3.71	42.83	87.03	40.09	-35.14	0.2557	---
3.92	43.41	90.57	32.88	36.46	0.2481	---
4.12	44.00	94.11	40.38	27.67	0.2404	---
4.33	44.59	98.65	46.08	18.25	0.2324	---
4.53	45.18	102.18	49.85	8.97	0.2240	---
4.74	45.77	105.72	51.73	-0.59	0.2154	---
4.95	46.36	109.26	51.61	-9.93	0.2064	---
5.15	46.95	112.80	49.56	-19.66	0.1971	--
5.36	47.54	116.34	45.51	-29.47	0.1874	---
5.56	48.13	119.88	39.44	-39.49	0.1775	---
5.77	48.72	123.42	31.31	-49.43	0.1673	---
5.98	49.30	126.96	21.11	-59.39	0.1569	---
6.18	49.89	130.50	8.86	-69.70	0.1464	---
6.39	50.48	134.04	-5.51	-79.95	0.1358	---
6.59	51.07	138.58	-22.00	-90.42	0.1252	---
6.80	51.66	142.12	-40.63	-99.94	0.1148	4400.39
7.10	--	146.78	-70.30	-8.56	0.1003	7589.60
7.39	-9.35	152.43	-72.84	-5.81	0.0867	10778.81
7.69	-10.36	157.09	-74.56	-2.73	0.0741	13968.02
7.99	-10.73	162.75	-75.37	0.46	0.0625	17157.23
8.28	-10.57	168.40	-75.24	3.59	0.0520	20346.44
8.58	-9.98	173.06	-74.17	6.54	0.0424	23535.65
8.88	-9.05	178.72	-72.23	9.23	0.0339	26724.87
9.17	-7.87	183.38	-69.49	11.57	0.0263	29914.08
9.47	-6.51	189.03	-66.06	13.50	0.0197	33103.29
9.77	-5.05	193.69	-62.05	15.00	0.0139	36292.50
10.06	-3.47	253.35	-57.60	16.03	0.0090	38418.75
10.36	-1.97	257.01	-52.84	16.62	0.0049	40228.70
10.66	-0.63	260.66	-47.91	16.81	0.0015	42038.65
10.95	0.54	264.32	-42.92	16.65	-0.0012	43848.60
11.25	1.56	267.98	-37.98	16.18	-0.0034	45658.55
11.55	2.40	271.63	-33.18	15.47	-0.0051	47468.50
11.85	3.09	275.29	-28.59	14.55	-0.0063	49278.46
12.14	3.62	278.95	-24.27	13.48	-0.0071	51088.41
12.44	4.00	282.61	-20.27	12.30	-0.0076	52898.36
12.74	4.25	286.26	-16.62	11.03	-0.0078	54708.31
13.03	4.38	289.92	-13.35	9.73	-0.0078	56518.26
13.33	4.41	293.58	-10.46	8.42	-0.0076	58328.21
13.63	4.34	297.24	-7.96	7.13	-0.0072	60138.16
13.92	4.19	300.89	-5.84	5.89	-0.0068	61948.12
14.22	3.97	304.55	-4.10	4.71	-0.0062	63758.07
14.52	3.70	308.21	-2.70	3.61	-0.0056	65568.02
14.81	3.38	311.86	-1.63	2.60	-0.0050	67377.97
15.11	3.03	315.52	-0.86	1.70	-0.0044	69187.91
15.41	2.64	319.18	-0.35	0.92	-0.0037	70997.87
15.70	2.22	322.84	-0.08	0.26	-0.0031	72807.81

**Fase: 2 - Combinazione: 4**

**Profondità della falda**

Profondità di monte

-0.0 [m]

Profondità di valle

-3.3 [m]

**Altezza scavo**

6.8 [m]

Tipo: S.L.U. [HYD]

Nome: HYD

Coefficienti sismici:

Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	0.9
2	Spinta terreno	1.1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	T superiore	1
7	T medio	1
8	T inferiore	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25

2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9.20 [m]  
 Pressione massima terreno 58.77 [kPa]  
 Momento massimo 74.67 [kNm/m]  
 Taglio massimo 110.11 [kN/m]

Gradiente critico 0.89  
 Gradiente idraulico 0.13  
 Fattore sicurezza a sifonamento 7.01

**Carico limite tiranti**

Descrizione	Profondità Media bulbo [m]	Coefficienti spinta	Pressione media bulbo [kPa]	Carico limite terreno [kN]	Resistenza aderenza [kN]	Carico limite [kN]	Meccanismo rottura
T superiore	--	--	--	--	--	230.00	
T medio	--	--	--	--	--	284.00	
T inferiore	--	--	--	--	--	348.00	

T superiore  
 Reazione tirante 120.08 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.92  
 T medio  
 Reazione tirante 181.26 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.57  
 T inferiore  
 Reazione tirante 205.21 [kN]  
 Fattore sicurezza 1.70

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.21	2.21	32.21	-0.01	-0.23	0.4196	--
0.41	5.07	35.75	-0.09	-1.54	0.4150	--
0.62	7.94	39.29	-0.40	-3.11	0.4104	--
0.82	10.80	43.83	-1.04	-5.23	0.4058	--
1.03	13.66	47.37	-2.13	51.13	0.4012	--
1.24	16.52	50.91	8.41	47.86	0.3966	--
1.44	19.38	55.45	18.25	44.26	0.3919	--
1.65	22.24	58.99	27.32	39.94	0.3872	--
1.85	25.10	63.53	35.54	35.14	0.3822	--
2.06	27.96	67.07	42.75	29.44	0.3770	--
2.27	30.83	70.60	48.80	23.18	0.3716	--
2.47	33.69	75.14	53.57	16.35	0.3658	--
2.68	36.55	78.68	56.91	9.05	0.3597	--
2.88	39.41	82.22	58.74	1.12	0.3532	--
3.09	42.27	86.76	58.95	-7.73	0.3463	--
3.30	45.13	90.30	57.37	-17.08	0.3391	--
3.50	45.96	93.84	53.88	-26.78	0.3314	--
3.71	46.76	98.38	48.38	-36.32	0.3234	--
3.92	47.56	101.92	40.91	43.15	0.3151	--
4.12	48.37	106.46	49.81	33.24	0.3065	--
4.33	49.17	110.00	56.69	23.02	0.2976	--
4.53	49.97	113.54	61.45	12.81	0.2884	--
4.74	50.77	118.08	64.11	2.29	0.2787	--
4.95	51.57	121.62	64.59	-8.25	0.2686	--
5.15	52.37	125.16	62.89	-19.10	0.2581	--
5.36	53.17	129.70	58.98	-30.09	0.2472	--
5.56	53.97	133.23	52.77	-41.33	0.2359	--
5.77	54.77	136.77	44.26	-52.37	0.2242	--
5.98	55.57	141.31	33.47	-63.78	0.2123	--
6.18	56.37	144.85	20.32	-75.17	0.2001	--
6.39	57.17	148.39	4.81	-86.89	0.1879	--
6.59	57.97	152.93	-13.11	-98.96	0.1755	--
6.80	58.77	156.47	-33.50	-110.11	0.1633	1677.75
7.10	--	162.13	-66.18	-10.08	0.1462	3342.17
7.39	-6.50	167.79	-69.17	-8.20	0.1298	5006.60
7.69	-7.63	173.44	-71.60	-5.95	0.1144	6671.02
7.99	-8.33	179.10	-73.37	-3.46	0.1000	8335.44
8.28	-8.65	184.76	-74.39	-0.92	0.0865	9999.87
8.58	-8.64	190.41	-74.67	1.62	0.0741	11664.29

8.88	-8.35	196.07	-74.19	4.11	0.0627	13328.71
9.17	-7.83	201.73	-72.96	6.44	0.0522	14993.14
9.47	-7.13	207.39	-71.05	8.54	0.0428	16657.56
9.77	-6.29	213.04	-68.52	10.44	0.0343	18321.98
10.06	-5.97	284.70	-65.42	12.18	0.0268	22286.90
10.36	-4.71	288.36	-61.80	13.58	0.0201	23373.23
10.66	-3.50	292.02	-57.77	14.61	0.0143	24459.56
10.95	-2.37	295.67	-53.43	15.31	0.0093	25545.88
11.25	-1.33	299.33	-48.89	15.70	0.0050	26632.21
11.55	-0.37	302.99	-44.23	15.81	0.0013	27718.54
11.85	0.50	306.64	-39.53	15.67	-0.0017	28804.87
12.14	1.27	310.30	-34.89	15.29	-0.0042	29891.20
12.44	1.94	313.96	-30.35	14.71	-0.0063	30977.53
12.74	2.53	317.62	-25.98	13.96	-0.0079	32063.86
13.03	3.04	321.27	-21.84	13.06	-0.0092	33150.18
13.33	3.48	324.93	-17.97	12.02	-0.0102	34236.52
13.63	3.85	328.59	-14.40	10.87	-0.0109	35322.84
13.92	4.16	332.25	-11.17	9.64	-0.0114	36409.17
14.22	4.43	335.90	-8.31	8.32	-0.0118	37495.50
14.52	4.66	339.56	-5.84	6.94	-0.0121	38581.83
14.81	4.87	343.22	-3.78	5.49	-0.0123	39668.16
15.11	5.06	346.87	-2.15	3.99	-0.0124	40754.48
15.41	5.24	350.53	-0.97	2.43	-0.0125	41840.81
15.70	5.42	354.19	-0.24	0.82	-0.0126	42927.14

**Carico limite verticale**

**Fase 1 Combinazione 1**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 594.075 kN  
 Carico limite laterale 1423.788 kN  
 Carico limite totale 2017.863 kN

Forza verticale agente 313.118 kN  
 Fattore sicurezza 6.444

**Fase 1 Combinazione 2**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 594.075 kN  
 Carico limite laterale 1423.788 kN  
 Carico limite totale 2017.863 kN

Forza verticale agente 254.165 kN  
 Fattore sicurezza 7.939

**Fase 2 Combinazione 1**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 498.817 kN  
 Carico limite laterale 1077.952 kN  
 Carico limite totale 1576.770 kN

Forza verticale agente 343.421 kN  
 Fattore sicurezza 4.591

**Fase 2 Combinazione 2**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 498.817 kN  
 Carico limite laterale 1077.952 kN  
 Carico limite totale 1576.770 kN

Forza verticale agente 363.144 kN  
 Fattore sicurezza 4.342

**Fase 2 Combinazione 3**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 498.817 kN  
 Carico limite laterale 1077.952 kN  
 Carico limite totale 1576.770 kN

Forza verticale agente 322.836 kN  
 Fattore sicurezza 4.884

**Fase 2 Combinazione 4**

Fattore Nc 17.288  
 Fattore Nq 9.061  
 Carico limite punta 498.817 kN  
 Carico limite laterale 1077.952 kN  
 Carico limite totale 1576.770 kN

Forza verticale agente 354.189 kN  
 Fattore sicurezza 4.452

**Analisi di stabilità globale****Condizione transitoria****Project Settings**

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

**Analysis Settings****Cond. Transitoria**

Kind: SLOPE/W  
 Method: Morgenstern-Price  
 Settings  
 Side Function  
 Interslice force function option#Half-Sine  
 PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Limit State Design Approach:A2+M2+R2  
 Slip Surface  
 Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Entry and Exit  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle5 °  
 Optimize Critical Slip Surface LocationNo  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)  
 F of S Distribution  
 F of S Calculation Option:Constant  
 Advanced  
 Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m  
 Search Method:Root Finder  
 Tolerable difference between starting and converged F of S:  
 Maximum iterations to calculate converged lambda20  
 Max Absolute Lambda:2

**Materials****SA**

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight:19.1 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table14.6 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

**LA's**

Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>

Cohesion': 20 kPa

Phi': 25 °

Phi-B: 0 °

Constant Unit Wt. Above Water Table: 14.3 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

**Design Factor Set: A2+M2+R2**

Permanent Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0.8, Unfavorable = 1.3

Variable Point Loads & Surcharge Loads: Favorable = 0, Unfavorable = 1.3

Soil Unit Weight: Favorable = 1, Unfavorable = 1

Effective Cohesion: 1.25

Effective Coefficient of Friction: 1.25

Undrained Strength: 1.4

Shear Strength (Other Models): 1

Pullout Resistance: 1

Shear Force: 1

Tensile Strength: 1

Compressive Strength: 1

Seismic Coefficients: 1

Earth Resistance: 1.1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection: Range

Left-Zone Left Coordinate: (15.36425; 46.10253) m

Left-Zone Right Coordinate: (49; 37.5701) m

Left-Zone Increment: 15

Right Projection: Range

Right-Zone Left Coordinate: (52.09537; 30.46737) m

Right-Zone Right Coordinate: (85; 29.69681) m

Right-Zone Increment: 15

Radius Increments: 20

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate: (14; 46.4486) m

Right Coordinate: (85; 29.69681) m

**Piezometric Lines**

**Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	14	30.6
Coordinate 2	50	28.51
Coordinate 3	85	28.51

Maximum Suction: 0 kPa

**Reinforcements**

**Reinforcement 1**

Type: Pile

Outside Point: (50; 37.3164) m

Inside Point: (50; 21.3164) m

Slip Surface Intersection: () m

Length: 16 m

Direction: 90 °

Shear Force: 885.2 kN  
Shear Reduction Factor:1  
Pile Spacing: 1 m  
Shear Option: Perp. to Reinf.  
Shear Force Applied: 885.2 kN  
Pullout Force: 0 kN  
Pullout Force per Length: 0 kN/m

**Reinforcement 2**

Type: Anchor  
Outside Point: (50; 35.71) m  
Inside Point: (31.86698; 30.85127) m  
Slip Surface Intersection:() m  
Length: 18.772684 m  
Direction: 15 °  
F of S Dependent: No  
Pullout Resistance: 14,356 kPa  
Resistance Reduction Factor: 1  
Bond Length: 9 m  
Bond Diameter: 0.225 m  
Anchor Spacing: 2 m  
Force Distribution: Distributed  
Anchorage: Yes  
Tensile Capacity: 304 kN  
Reduction Factor: 1  
Shear Force: 0 kN  
Shear Reduction Factor: 1  
Shear Option: Perp. to Reinf.  
Factored Pullout Resistance: 5,073.8292 kN/m  
Max. Pullout Force: 152 kN  
Factored Tensile Capacity: 152 kN  
Pullout Force: 0 kN  
Pullout Force per Length: 0 kN/m  
Available Length: 0 m  
Required Length: 0 m  
Governing Component: (none)

**Reinforcement 3**

Type: Anchor  
Outside Point: (50; 32.71) m  
Inside Point: (33.80102; 28.3695) m  
Slip Surface Intersection:() m  
Length: 16.770417 m  
Direction: 15 °  
F of S Dependent: No  
Pullout Resistance: 11,456 kPa  
Resistance Reduction Factor: 1  
Bond Length: 10 m  
Bond Diameter: 0.225 m  
Anchor Spacing: 2 m  
Force Distribution: Distributed  
Anchorage: Yes  
Tensile Capacity: 381 kN  
Reduction Factor: 1

Shear Force: 0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option: Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:4,048.8846 kN/m  
 Max. Pullout Force:190.5 kN  
 Factored Tensile Capacity:190.5 kN  
 Pullout Force: 0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length: 0 m  
 Governing Component:(none)

**Reinforcement 4**

Type: Anchor  
 Outside Point: (50; 29.71) m  
 Inside Point: (34.77955; 25.63169) m  
 Slip Surface Intersection:() m  
 Length: 15.75737 m  
 Direction: 15 °  
 F of S Dependent:No  
 Pullout Resistance:19,378 kPa  
 Resistance Reduction Factor:1  
 Bond Length: 11 m  
 Bond Diameter:0.225 m  
 Anchor Spacing: 2 m  
 Force Distribution:Distributed  
 Anchorage: Yes  
 Tensile Capacity:514 kN  
 Reduction Factor:1  
 Shear Force: 0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option: Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:6,848.7505 kN/m  
 Max. Pullout Force:257 kN  
 Factored Tensile Capacity:257 kN  
 Pullout Force: 0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length: 0 m  
 Governing Component:(none)

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	50.00	32.53
Point 2	51.00	32.53
Point 3	51.00	31.53
Point 4	51.65	31.52
Point 5	51.65	30.52
Point 6	52.00	30.53
Point 7	52.00	28.53
Point 8	50.00	28.53
Point 9	85.00	0.00
Point 10	14.00	0.00
Point 11	14.00	36.45

Point 12	71.17	21.95
Point 13	85.00	21.34
Point 14	14.00	46.45
Point 15	50.00	37.32
Point 16	52.00	30.47
Point 17	85.00	29.70

**Regions**

	Points	Area (m <sup>2</sup> )	Material
Region 1	1;8;7;16;6;5; ;4;3;2	6.6491	
Region 2	9;10;11;12;1 3	1,968.60	CLAs
Region 3	11;12;13;17; 16;7;8;1;15; 14	589.01	SA

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 266

F of S: 1.438

Volume: 630.91652 m<sup>3</sup>

Weight: 12,011.925 kN

Resisting Moment: 174,013.34 kN-m

Activating Moment: 120,985.59 kN-m

Resisting Force: 3,745.577 kN

Activating Force: 2,603.681 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 5,376 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 5,376 slip surfaces

Exit: (78.419074; 29.850921) m

Entry: (15.36425; 46.102529) m

Radius: 41.091824 m

Center: (53.148799; 62.253872) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	16.34	44.11	0.00	20.28	8.52	0.00
Slice 2	18.30	40.55	0.00	59.05	24.79	0.00
Slice 3	20.26	37.67	0.00	91.27	38.32	0.00
Slice 4	22.22	35.24	0.00	118.84	49.90	0.00
Slice 5	24.39	32.95	0.00	143.79	48.76	14.55
Slice 6	26.77	30.79	0.00	170.25	57.74	14.55
Slice 7	28.95	29.06	6.53	192.63	63.11	14.55
Slice 8	30.95	27.70	18.76	211.41	65.34	14.55
Slice 9	32.94	26.49	29.39	228.30	67.46	14.55
Slice 10	34.93	25.44	38.58	243.63	69.54	14.55
Slice 11	36.92	24.52	46.45	257.60	71.61	14.55
Slice 12	38.92	23.72	53.11	270.32	73.66	14.55
Slice 13	40.91	23.04	58.61	281.80	75.69	14.55
Slice 14	42.90	22.47	63.03	291.99	77.65	14.55
Slice 15	44.92	22.01	66.43	300.81	79.49	14.55
Slice 16	46.95	21.65	68.83	308.04	81.13	14.55
Slice 17	48.98	21.39	70.20	313.29	82.44	14.55
Slice 18	50.50	21.25	71.19	145.19	25.09	14.55
Slice 19	51.33	21.20	71.65	148.45	26.04	14.55
Slice 20	51.83	21.18	71.85	150.26	26.59	14.55

Slice 21	53.00	21.17	71.94	192.71	40.96	14.55
Slice 22	55.01	21.22	71.53	197.11	42.59	14.55
Slice 23	57.02	21.36	70.15	198.91	43.67	14.55
Slice 24	59.03	21.60	67.79	197.80	44.09	14.55
Slice 25	61.04	21.94	64.44	193.49	43.76	14.55
Slice 26	63.05	22.39	60.07	185.75	42.62	14.55
Slice 27	65.05	22.94	54.64	174.43	40.62	14.55
Slice 28	67.11	23.62	47.92	156.45	45.57	0.00
Slice 29	69.22	24.45	39.79	135.92	40.36	0.00
Slice 30	71.33	25.42	30.29	111.38	34.05	0.00
Slice 31	73.44	26.54	19.32	83.09	26.77	0.00
Slice 32	75.54	27.82	6.72	51.38	18.75	0.00
Slice 33	77.51	29.18	0.00	17.40	7.30	0.00

## Analisi di stabilità globale

### Condizione sismica

#### Project Settings

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

#### Analysis Settings

##### Sismica (2)

Kind: SLOPE/W  
 Method: Morgenstern-Price  
 Settings  
 Side Function  
 Interslice force function option:Half-Sine  
 PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Limit State Design Approach:Sismica  
 Slip Surface  
 Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Entry and Exit  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle:1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle:5 °  
 Optimize Critical Slip Surface Location:No  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)  
 F of S Distribution  
 F of S Calculation Option:Constant  
 Advanced  
 Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m  
 Search Method:Root Finder  
 Tolerable difference between starting and converged F of S:  
 Maximum iterations to calculate converged lambda:20  
 Max Absolute Lambda:2

#### Materials

##### SA

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.1 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table:4.6 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

##### LAS

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 20 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table:4.3 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line:1

##### GAB

Model: High Strength  
 Unit Weight: 20.4 kN/m<sup>3</sup>  
 Constant Unit Wt. Above Water Table:6.9 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line:1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection:Range

Left-Zone Left Coordinate:(21; 44.6729) m

Left-Zone Right Coordinate:(49; 37.5701) m

Left-Zone Increment:15

Right Projection:Range

Right-Zone Left Coordinate:(52.31956; 30.46212) m

Right-Zone Right Coordinate:(85; 29.69681) m

Right-Zone Increment:15

Radius Increments:20

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate:(14; 46.4486) m

Right Coordinate:(85; 29.69681) m

**Piezometric Lines**

**Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	14.00	31.00
Coordinate 2	85.00	29.70

Maximum Suction:0 kPa

**Seismic Coefficients**

Horz Seismic Coef.:0.1589

Vert Seismic Coef.: -0.0795

**Reinforcements**

**Reinforcement 1**

Type: Pile

Outside Point:(50; 37.3164) m

Inside Point:(50; 21.3164) m

Slip Surface Intersection:() m

Length: 16 m

Direction: 90 °

Shear Force:885.2 kN

Shear Reduction Factor:1

Pile Spacing: 1 m

Shear Option: Perp. to Reinf.

Shear Force Applied:885.2 kN

Pullout Force:0 kN

Pullout Force per Length:0 kN/m

**Reinforcement 2**

Type: Anchor

Outside Point:(50; 35.71) m

Inside Point:(31.86698; 30.85127) m

Slip Surface Intersection:() m

Length: 18.772684 m

Direction: 15 °

F of S Dependent:No

Pullout Resistance:14,356 kPa

Resistance Reduction Factor:1

Bond Length: 9 m

Bond Diameter:0.225 m

Anchor Spacing: 2 m

Force Distribution:Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity:304 kN

Reduction Factor:1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor:1

Shear Option: Perp. to Reinf.

Factored Pullout Resistance:5,073.8292 kN/m

Max. Pullout Force:152 kN

Factored Tensile Capacity:152 kN

Pullout Force: 0 kN

Pullout Force per Length:0 kN/m

Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Reinforcement 3**

Type: Anchor  
 Outside Point:(50; 32.71) m  
 Inside Point:(33.80102; 28.3695) m  
 Slip Surface Intersection:() m  
 Length: 16.770417 m  
 Direction: 15 °  
 F of S Dependent:No  
 Pullout Resistance:11,456 kPa  
 Resistance Reduction Factor:1  
 Bond Length: 10 m  
 Bond Diameter:0.225 m  
 Anchor Spacing:2 m  
 Force Distribution:Distributed  
 Anchorage: Yes  
 Tensile Capacity:381 kN  
 Reduction Factor:1  
 Shear Force: 0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option:Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:4,048.8846 kN/m  
 Max. Pullout Force:190.5 kN  
 Factored Tensile Capacity:190.5 kN  
 Pullout Force: 0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Reinforcement 4**

Type: Anchor  
 Outside Point:(50; 29.71) m  
 Inside Point:(34.77955; 25.63169) m  
 Slip Surface Intersection:() m  
 Length: 15.75737 m  
 Direction: 15 °  
 F of S Dependent:No  
 Pullout Resistance:19,378 kPa  
 Resistance Reduction Factor:1  
 Bond Length: 11 m  
 Bond Diameter:0.225 m  
 Anchor Spacing:2 m  
 Force Distribution:Distributed  
 Anchorage: Yes  
 Tensile Capacity:514 kN  
 Reduction Factor:1  
 Shear Force: 0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option:Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:6,848.7505 kN/m  
 Max. Pullout Force:257 kN  
 Factored Tensile Capacity:257 kN  
 Pullout Force: 0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	50.00	32.53
Point 2	51.00	32.53
Point 3	51.00	31.53

Point 4	51.65	31.52
Point 5	51.65	30.52
Point 6	52.00	30.53
Point 7	52.00	28.53
Point 8	50.00	28.53
Point 9	85.00	0.00
Point 10	14.00	0.00
Point 11	14.00	36.45
Point 12	71.17	21.95
Point 13	85.00	21.34
Point 14	14.00	46.45
Point 15	50.00	37.32
Point 16	52.00	30.47
Point 17	85.00	29.70

**Regions**

	Material	Points	Area (m²)
Region 1	GAB	1;8;7;16;6;5; 4;3;2	6.6491
Region 2	LAs	9;10;11;12;13	1,968.60
Region 3	SA	11;12;13;17; 16;7;8;1;15; 14	589.01

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 310  
 F of S: 1.035  
 Volume: 696.26192 m³  
 Weight: 13,256.384 kN  
 Resisting Moment: 156,109.61 kN-m  
 Activating Moment: 150,868.8 kN-m  
 Resisting Force: 3,672.0605 kN  
 Activating Force: 3,548.5955 kN  
 F of S Rank (Analysis): 1 of 5,376 slip surfaces  
 F of S Rank (Query): 1 of 5,376 slip surfaces  
 Exit: (82.821304; 29.74783) m  
 Entry: (21; 44.6729) m  
 Radius: 36.92994 m  
 Center: (56.31779; 55.465222) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	21.98	42.15	0.00	17.44	8.39	0.00
Slice 2	23.93	37.83	0.00	53.29	25.64	0.00
Slice 3	25.89	34.61	0.00	82.40	39.64	0.00
Slice 4	27.88	31.96	0.00	102.94	40.00	16.67
Slice 5	29.93	29.67	10.16	129.46	46.36	16.67
Slice 6	31.99	27.71	29.00	153.89	48.53	16.67
Slice 7	34.06	26.03	45.14	174.60	50.30	16.67
Slice 8	36.12	24.57	59.03	192.78	51.97	16.67
Slice 9	38.22	23.30	71.17	209.57	53.78	16.67
Slice 10	40.36	22.18	81.73	225.57	55.90	16.67
Slice 11	42.50	21.24	90.61	240.87	58.39	16.67
Slice 12	44.65	20.45	97.96	255.77	61.32	16.67
Slice 13	46.79	19.80	103.88	270.39	64.70	16.67
Slice 14	48.93	19.30	108.45	284.66	68.48	16.67
Slice 15	50.50	19.00	111.09	221.24	42.80	16.67
Slice 16	51.33	18.88	112.16	210.41	38.18	16.67
Slice 17	51.83	18.81	112.72	196.24	32.45	16.67
Slice 18	53.07	18.69	113.63	202.12	34.39	16.67
Slice 19	55.20	18.57	114.49	217.45	40.01	16.67
Slice 20	57.33	18.56	114.14	231.36	45.55	16.67

Slice 21	59.46	18.68	112.58	243.10	50.72	16.67
Slice 22	61.59	18.93	109.80	251.74	55.16	16.67
Slice 23	63.72	19.30	105.77	256.31	58.50	16.67
Slice 24	65.85	19.80	100.46	255.76	60.35	16.67
Slice 25	67.98	20.44	93.81	249.18	60.37	16.67
Slice 26	70.11	21.23	85.75	235.85	58.33	16.67
Slice 27	71.47	21.79	80.00	224.09	55.99	16.67
Slice 28	72.87	22.47	73.02	203.30	62.68	0.00
Slice 29	75.06	23.68	60.79	170.03	52.56	0.00
Slice 30	77.29	25.10	46.52	129.06	39.71	0.00
Slice 31	79.50	26.75	29.89	81.38	24.77	0.00
Slice 32	81.71	28.69	10.47	28.14	8.50	0.00
Slice 33	82.82	29.74	0.00	0.13	0.06	0.00

## Analisi di stabilità globale

### Condizione di piena

#### Project Settings

Length(L) Units:Meters  
 Time(t) Units:Seconds  
 Force(F) Units:Kilonewtons  
 Pressure(p) Units:kPa  
 Strength Units:kPa  
 Unit Weight of Water:9.807 kN/m<sup>3</sup>  
 View: 2D  
 Element Thickness:1

#### Analysis Settings

##### def piena

Kind: SLOPE/W  
 Method: Morgenstern-Price  
 Settings  
 Side Function  
 Interslice force function option:Half-Sine  
 PWP Conditions Source:Piezometric Line  
 Apply Phreatic Correction:Yes  
 Use Staged Rapid Drawdown:No  
 Limit State Design Approach:A2+M2+R2  
 Slip Surface  
 Direction of movement:Left to Right  
 Use Passive Mode:No  
 Slip Surface Option:Entry and Exit  
 Critical slip surfaces saved:1  
 Resisting Side Maximum Convex Angle:1 °  
 Driving Side Maximum Convex Angle:5 °  
 Optimize Critical Slip Surface Location:No  
 Tension Crack  
 Tension Crack Option:(none)  
 F of S Distribution  
 F of S Calculation Option:Constant  
 Advanced  
 Number of Slices:30  
 F of S Tolerance:0.001  
 Minimum Slip Surface Depth:0.1 m  
 Search Method:Root Finder  
 Tolerable difference between starting and converged F of S:  
 Maximum iterations to calculate converged lambda:20  
 Max Absolute Lambda:2

#### Materials

##### SA

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 19.1 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 0 kPa  
 Phi': 30 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 4.6 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

##### LAs

Model: Mohr-Coulomb  
 Unit Weight: 18.9 kN/m<sup>3</sup>  
 Cohesion': 20 kPa  
 Phi': 25 °  
 Phi-B: 0 °  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 4.3 kN/m<sup>3</sup>  
 Pore Water Pressure  
 Piezometric Line: 1

##### GAB

Model: High Strength  
 Unit Weight: 20.4 kN/m<sup>3</sup>  
 Constant Unit Wt. Above Water Table: 6.9 kN/m<sup>3</sup>

Pore Water Pressure

Piezometric Line:1

**Slip Surface Entry and Exit**

Left Projection:Range

Left-Zone Left Coordinate:(16.18796; 45.89358) m

Left-Zone Right Coordinate:(49; 37.5701) m

Left-Zone Increment:15

Right Projection:Range

Right-Zone Left Coordinate:(52.43166; 30.45949) m

Right-Zone Right Coordinate:(85; 29.69681) m

Right-Zone Increment:15

Radius Increments:20

**Slip Surface Limits**

Left Coordinate:(14; 46.4486) m

Right Coordinate:(85; 29.69681) m

**Piezometric Lines**

**Piezometric Line 1**

**Coordinates**

	X (m)	Y (m)
Coordinate 1	14.00	46.44
Coordinate 2	49.56	37.00
Coordinate 3	50.00	34.00
Coordinate 4	85.00	34.00

Maximum Suction:0 kPa

**Reinforcements**

**Reinforcement 1**

Type: Pile

Outside Point:(50; 37.3164) m

Inside Point:(50; 21.3164) m

Slip Surface Intersection:() m

Length: 16 m

Direction: 90 °

Shear Force: 885.2 kN

Shear Reduction Factor:1

Pile Spacing:1 m

Shear Option:Perp. to Reinf.

Shear Force Applied:885.2 kN

Pullout Force:0 kN

Pullout Force per Length:0 kN/m

**Reinforcement 2**

Type: Anchor

Outside Point:(50; 35.71) m

Inside Point:(31.86698; 30.85127) m

Slip Surface Intersection:() m

Length: 18.772684 m

Direction: 15 °

F of S Dependent:No

Pullout Resistance:8,687 kPa

Resistance Reduction Factor:1

Bond Length: 9 m

Bond Diameter:0.225 m

Anchor Spacing:2 m

Force Distribution:Distributed

Anchorage: Yes

Tensile Capacity:230 kN

Reduction Factor:1

Shear Force: 0 kN

Shear Reduction Factor:1

Shear Option:Perp. to Reinf.

Factored Pullout Resistance:3,070.2392 kN/m

Max. Pullout Force:115 kN

Factored Tensile Capacity:115 kN

Pullout Force:0 kN

Pullout Force per Length:0 kN/m

Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Reinforcement 3**

Type: Anchor  
 Outside Point:(50; 32.71) m  
 Inside Point:(33.80102; 28.3695) m  
 Slip Surface Intersection:() m  
 Length:16.770417 m  
 Direction:15 °  
 F of S Dependent:No  
 Pullout Resistance:10,698 kPa  
 Resistance Reduction Factor:1  
 Bond Length:10 m  
 Bond Diameter:0.225 m  
 Anchor Spacing:2 m  
 Force Distribution:Distributed  
 Anchorage: Yes  
 Tensile Capacity:284 kN  
 Reduction Factor:1  
 Shear Force:0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option:Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:3,780.9853 kN/m  
 Max. Pullout Force:142 kN  
 Factored Tensile Capacity:142 kN  
 Pullout Force:0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Reinforcement 4**

Type: Anchor  
 Outside Point:(50; 29.71) m  
 Inside Point:(34.77955; 25.63169) m  
 Slip Surface Intersection:() m  
 Length:15.75737 m  
 Direction:15 °  
 F of S Dependent:No  
 Pullout Resistance:13,122 kPa  
 Resistance Reduction Factor:1  
 Bond Length:11 m  
 Bond Diameter:0.225 m  
 Anchor Spacing:2 m  
 Force Distribution:Distributed  
 Anchorage: Yes  
 Tensile Capacity:348 kN  
 Reduction Factor:1  
 Shear Force:0 kN  
 Shear Reduction Factor:1  
 Shear Option:Perp. to Reinf.  
 Factored Pullout Resistance:4,637.6976 kN/m  
 Max. Pullout Force:174 kN  
 Factored Tensile Capacity:174 kN  
 Pullout Force:0 kN  
 Pullout Force per Length:0 kN/m  
 Available Length:0 m  
 Required Length:0 m  
 Governing Component:(none)

**Points**

	X (m)	Y (m)
Point 1	50.00	32.53
Point 2	51.00	32.53
Point 3	51.00	31.53

Point 4	51.65	31.52
Point 5	51.65	30.52
Point 6	52.00	30.53
Point 7	52.00	28.53
Point 8	50.00	28.53
Point 9	85.00	0.00
Point 10	14.00	0.00
Point 11	14.00	36.45
Point 12	71.17	21.95
Point 13	85.00	21.34
Point 14	14.00	46.45
Point 15	50.00	37.32
Point 16	52.00	30.47
Point 17	85.00	29.70

**Regions**

	Material	Points	Area (m²)
Region 1	GAB	1;8;7;16;6;5; ;4;3;2	6.6491
Region 2	LAs	9;10;11;12;13	1,968.60
Region 3	SA	11;12;13;17; 16;7;8;1;15; 14	589.01

**Current Slip Surface**

Slip Surface: 185

F of S: 1.155

Volume: 609.46799 m³

Weight: 11,607.191 kN

Resisting Moment: 93,011.924 kN-m

Activating Moment: 80,512.507 kN-m

Resisting Force: 2,577.9955 kN

Activating Force: 2,231.4838 kN

F of S Rank (Analysis): 1 of 5,376 slip surfaces

F of S Rank (Query): 1 of 5,376 slip surfaces

Exit: (69.801441; 30.052728) m

Entry: (16.187959; 45.893577) m

Radius: 32.331406 m

Center: (47.598537; 53.554874) m

**Slip Slices**

	X (m)	Y (m)	PWP (kPa)	Base Normal Stress (kPa)	Frictional Strength (kPa)	Cohesive Strength (kPa)
Slice 1	16.19	45.88	0.00	0.13	0.06	0.00
Slice 2	17.07	43.27	21.60	32.02	4.37	0.00
Slice 3	18.82	38.96	56.85	86.63	12.50	0.00
Slice 4	20.56	35.90	80.61	123.80	18.13	0.00
Slice 5	22.31	33.46	98.73	145.45	15.85	14.55
Slice 6	24.07	31.42	113.14	170.45	19.44	14.55
Slice 7	25.83	29.68	124.77	191.62	22.67	14.55
Slice 8	27.59	28.19	134.19	210.20	25.78	14.55
Slice 9	29.34	26.89	141.78	227.01	28.91	14.55
Slice 10	31.10	25.77	147.80	242.59	32.15	14.55
Slice 11	32.86	24.80	152.43	257.27	35.56	14.55
Slice 12	34.62	23.96	155.81	271.28	39.16	14.55
Slice 13	36.38	23.25	158.05	284.70	42.95	14.55
Slice 14	38.13	22.65	159.22	297.53	46.90	14.55
Slice 15	39.89	22.17	159.39	309.64	50.96	14.55
Slice 16	41.65	21.79	158.60	320.85	55.02	14.55
Slice 17	43.41	21.51	156.89	330.84	58.99	14.55
Slice 18	45.17	21.33	154.27	339.24	62.73	14.55
Slice 19	46.92	21.24	150.77	345.58	66.07	14.55
Slice 20	48.68	21.25	146.40	349.34	68.82	14.55

Slice 21	49.78	21.30	2.93	372.62	125.37	14.55
Slice 22	50.50	21.36	123.98	278.22	52.31	14.55
Slice 23	51.33	21.44	123.17	275.70	51.73	14.55
Slice 24	51.83	21.50	122.57	252.88	44.19	14.55
Slice 25	52.95	21.68	120.77	248.63	43.36	14.55
Slice 26	54.86	22.07	117.04	246.81	44.01	14.55
Slice 27	56.77	22.57	112.11	240.14	43.42	14.55
Slice 28	58.68	23.20	105.92	228.19	41.47	14.55
Slice 29	60.59	23.97	98.38	210.72	38.10	14.55
Slice 30	62.37	24.81	90.11	184.51	39.64	0.00
Slice 31	64.02	25.72	81.17	159.06	32.70	0.00
Slice 32	65.67	26.77	70.93	129.41	24.55	0.00
Slice 33	67.33	27.96	59.23	95.77	15.34	0.00
Slice 34	68.98	29.32	45.85	58.36	5.25	0.00