

COMMITTENTE:



## COMUNE DI BRICHERASIO

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: **Geom. Romina BRUNO FRANCO**

OGGETTO:  
**Lavori di sistemazione cedimento sponda destra ed erosione del fondo dell'alveo del Torrente Chiamogna in loc. C.na Gioietta  
 PMO 24.01 11.02 - CIG: Z642897487**

LOCALITÀ DELL'INTERVENTO:  
**Località Gioietta**

FASE PROGETTUALE:  
**STUDIO DI FATTIBILITÀ / PROGETTO DEFINITIVO**

8	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.
6	.	.	.	.	.
5	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
1	Giugno 2019	STUDIO DI FATTIBILITÀ/PROGETTO DEFINITIVO	M.G.	I.B.	G.O.
REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO

TITOLO:  
**RELAZIONE DI CALCOLO E  
 VERIFICHE DI STABILITÀ**

ARCHIVIO: **4698**  
 FILE N°: **TESTALINI**  
 DATA: **Loranzè, Giugno 2019**



TAVOLA N° **C**  
 SCALA: **.**

**Studio Tecnico Associato**

ing. GABRIELE  
 ing. NOASCONO  
 ing. ODETTO  
 P.IVA 08462870018

**Sede legale**

Via Giosuè Gianavello, n. 2  
 10060 Rorà (TO)  
 TEL. 0121/93.36.93 FAX 0121/95.03.78

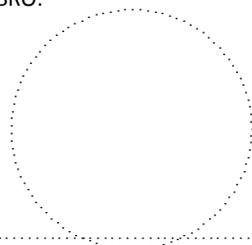
**Sede operativa**

Strada Provinciale 222, n. 31  
 10010 Loranzè (TO)  
 TEL. 0125/56.10.01 - 0125/56.48.07  
 FAX 0125/56.40.14  
 e-mail: [info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it](mailto:info.hydrogeos@ilquadrifoglio.to.it)

PROGETTISTA:

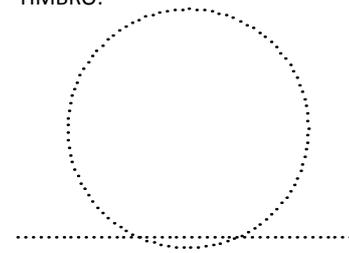
**Dott. Ing. Gianluca ODETTO  
 N° 7269 J ALBO INGEGNERI  
 PROVINCIA DI TORINO**

TIMBRO:



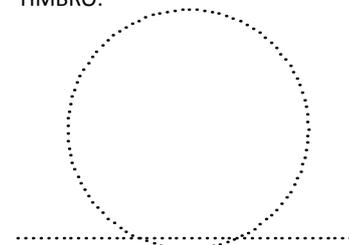
ALTRA FIGURA:

TIMBRO:



ALTRA FIGURA:

TIMBRO:





## INDICE

INDICE .....	1
1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3. INTERVENTO IN PROGETTO:INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMETRIA, METODO E CODICE DI CALCOLO.....	5
4. INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE .....	12
4.1. Vincolo idrogeologico.....	12
4.2. Interferenze con strutture esistenti .....	12
5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE .....	13
5.1. Geomorfologia.....	14
5.2. Inquadramento geologico .....	15
5.3. Parametri geotecnici .....	16
6. DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO.....	17
7. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI.....	21
8. AZIONI.....	22
8.1. Carichi permanenti strutturali .....	22
8.2. Carichi permanenti non strutturali.....	22
8.3. Carichi variabili.....	22
9. COMBINAZIONI DI CARICO .....	23
9.1. Descrizione combinazioni di carico .....	25
10. COMBINAZIONI DI VERIFICA .....	28
10.1. Caso 1: livello falda sia a monte che a valle della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione .....	28
10.1.1. Geometria di modellazione .....	28
10.1.2. Sollecitazioni agenti .....	29
10.1.3. Verifiche geotecniche.....	30
10.2. Caso 2: livello falda a monte della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione, falda a valle della scogliera assente .....	33
10.2.1. Geometria di modellazione .....	33
10.2.2. Sollecitazioni agenti .....	33
10.2.3. Verifiche geotecniche.....	35



---

11. CONCLUSIONI.....	37
----------------------	----

## 1. PREMESSA

La presente relazione, dopo un inquadramento topografico, geologico e geomorfologico dell'area interessata dall'intervento, illustra i risultati delle verifiche di stabilità geotecnica dell'opera del tipo "scogliera in massi di cava non cementati", da realizzarsi nell'ambito del progetto di "Sistemazione cedimento della sponda destra ed erosione del fondo dell'alveo del Torrente Chiamogna in loc. C.na Gioietta - PMO 24.01 11.02 - CIG: Z642897487", in Comune di Bricherasio (TO).

In particolare si prevedono le seguenti lavorazioni:

- decespugliamenti, formazione e smantellamento savanelle, pulizie varie, ecc.
- realizzazione, a valle della scogliera esistente, di una scogliera in massi di cava posati a secco, composta da una fondazione a sezione rettangolare 300 x 100 cm, e da una elevazione a sezione trapezoidale di dimensioni 100 cm in testa, 250 cm alla base e 400 cm in altezza; lunghezza dell'opera in progetto di 13,00 metri;
- realizzazione, ai piedi della scogliera esistente, di una massicciata in massi posati a secco a sezione 100 x 100 cm per una lunghezza di 35 metri
- disalveo per una lunghezza di circa 100 m nei pressi della scogliera esistente e della scogliera in progetto;
- sistemazione dei materiali derivanti dagli scavi e dal disalveo sul posto saranno in alveo, adiacenti alla nuova massicciata

Nelle tavole grafiche di progetto sono esaurientemente rappresentate le caratteristiche progettuali delle opere descritte nella presente relazione.



---

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27.07.2007;
- R.D. 3267/23;
- D.M. 11 Marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni”.
- Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 Settembre 1988 “Istruzioni relative alla norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle fondazioni”;
- Legge n° 64 del 02/02/1974 – *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. del 24/01/1986 – *“Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche”*;
- D.M. del 16/01/1996 – *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*;
- Circolare n° 65 del 10/04/1997 – *“Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16/01/1996”*;
- D.M. del 17/01/2018 – *“Norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circolare n°7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. del 17/01/2018.

Conformemente a quanto previsto dal paragrafo 12 del D.M 17/01/2018 si sono considerati anche i seguenti riferimenti tecnici che si intendono coerenti con i principi del D.M. stesso:

- EUROCODICE 7 – *“Progettazione geotecnica”*;
- EUROCODICE 8 – *“Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”* e appendice nazionale;

## 3. INTERVENTO IN PROGETTO: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO, GEOMETRIA, METODO E CODICE DI CALCOLO

L'area oggetto di indagine è ubicata nel comune di Bricherasio (TO) in località *Gioietta*, sulla sponda destra del Torrente Chiamogna.



Figura 1 Inquadramento geografico – sfumo 250k

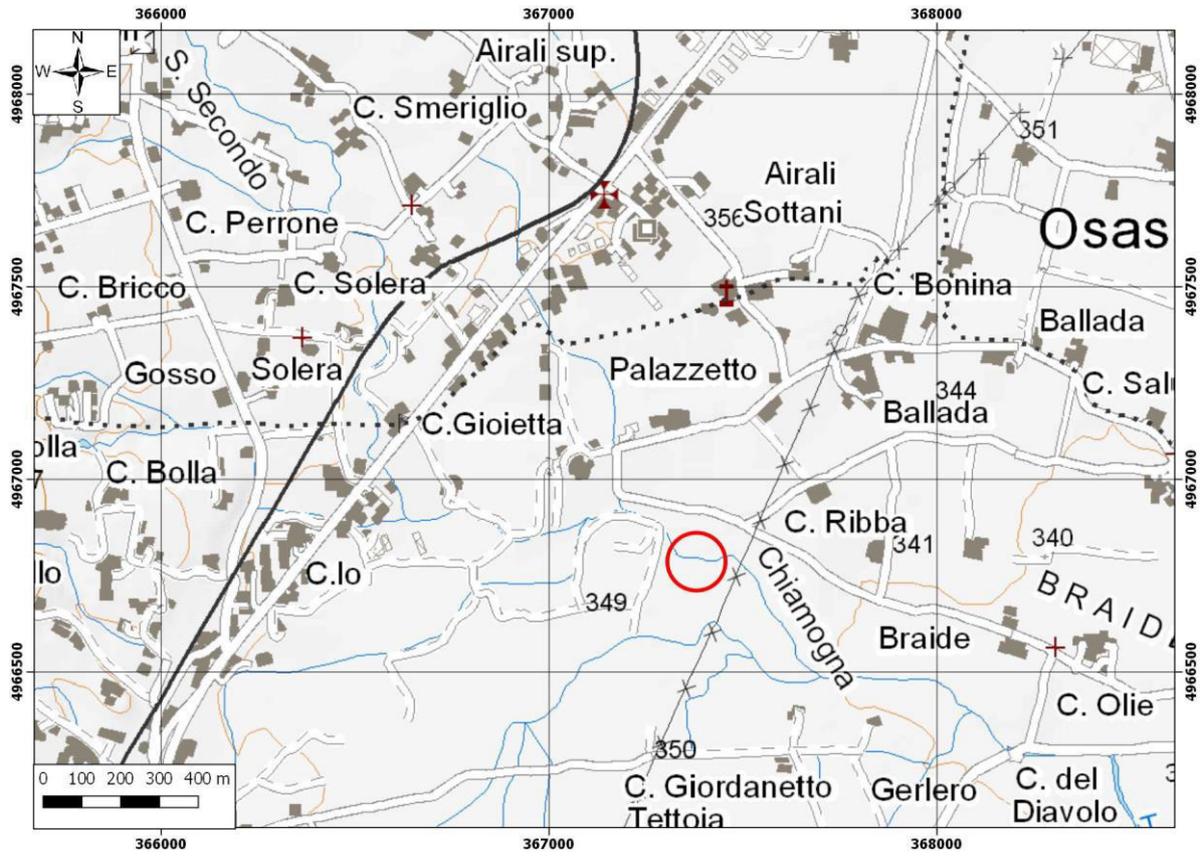


Figura 2: Inquadramento geografico - sfumo 50k

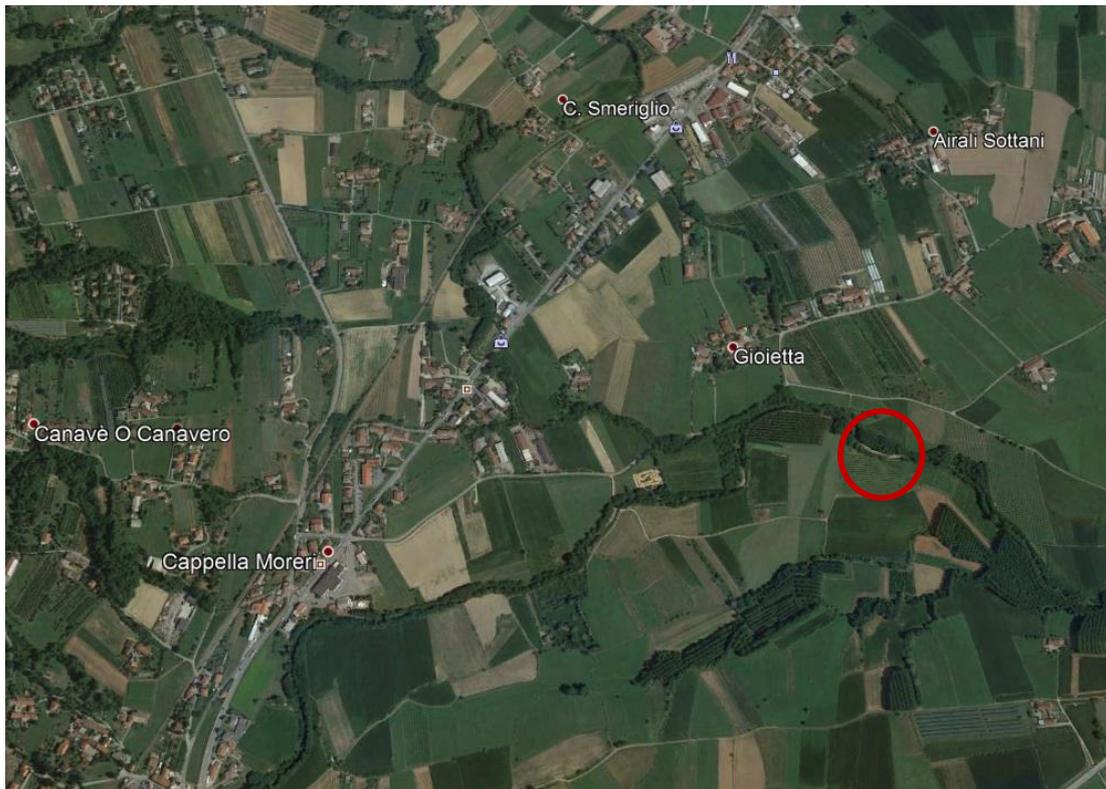


Figura 3: Inquadramento da ortofoto

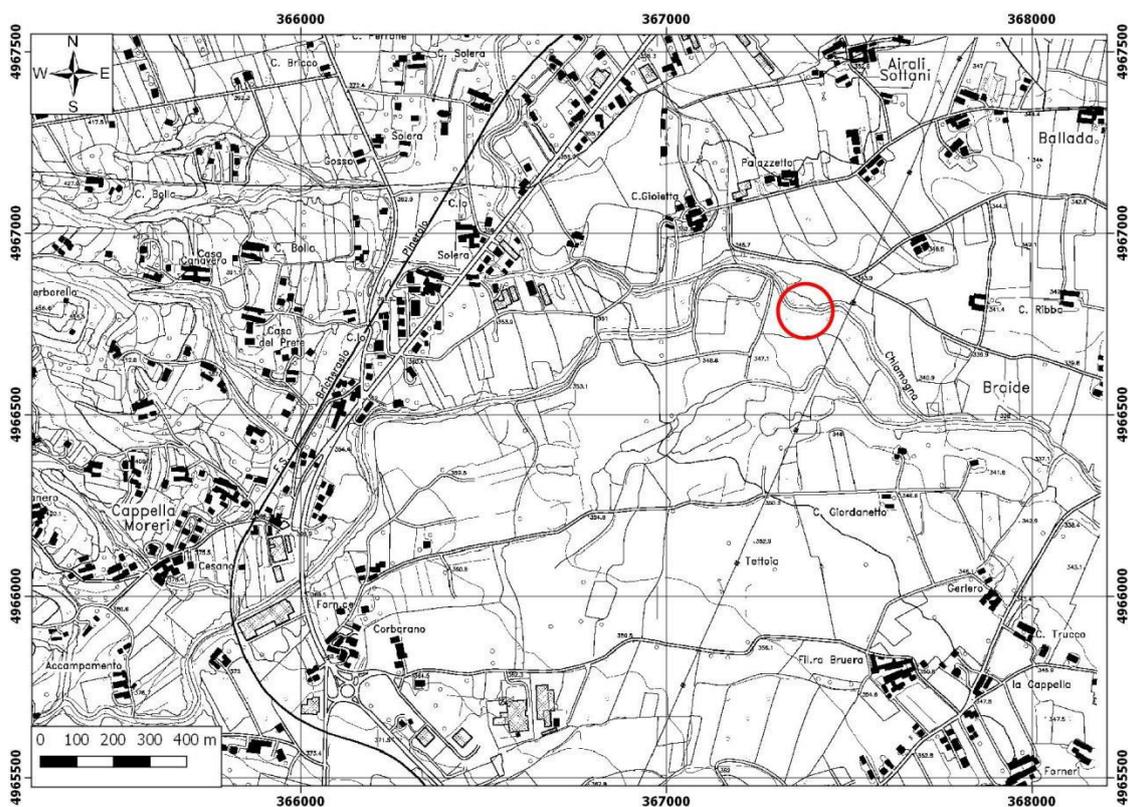


Figura 4: Inquadramento CTR 172160



Oggetto della presente relazione di calcolo sono le verifiche di stabilità della scogliera in massi di cava non cementati, avente le seguenti dimensioni:

- Sviluppo longitudinale circa 13,00 m;
- Sezione:
  - Fondazione (anch'essa in massi di cava non cementati) di larghezza 300 cm e spessore 100 cm, con mensola sul lato di valle di 50 cm;
  - Paramento di altezza 4,00 m (escluso lo spessore della fondazione) e spessore 100 cm in testa e 250 cm alla base in attacco alla fondazione.

Si riporta di seguito un estratto dalla "Tav.02\_Sezioni tipo", che rappresenta la sezione tipo verificata:

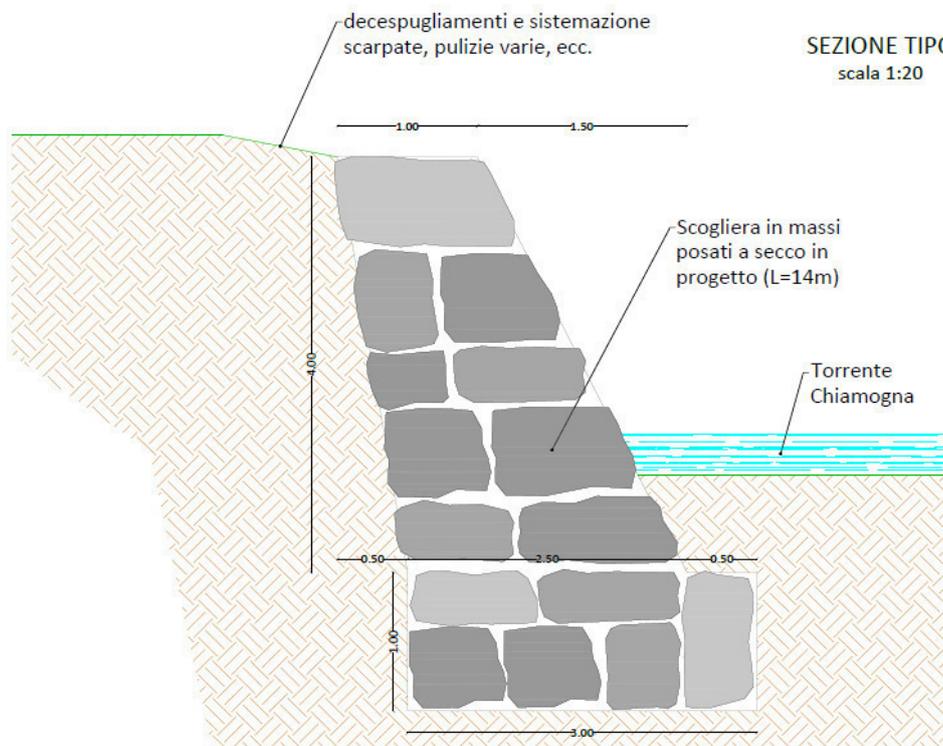


Figura 5 Sezione tipo

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle opere sono stati condotti adottando il metodo semiprobabilistico agli stati limite, verificandone i requisiti di sicurezza allo stato limite ultimo (anche sotto l'azione sismica) e allo stato limite di esercizio. L'analisi delle azioni sismiche ha comportato inoltre la valutazione delle relative deformazioni.

La schematizzazione della procedura progettuale adottata può essere sinteticamente così riassunta:

- Individuazione della classe d'uso dell'opera e della sua vita utile;

- Definizione delle azioni agenti in condizioni statiche e dinamiche attraverso l'individuazione delle condizioni di carico;
- Predisposizione delle combinazioni di carico, con i relativi coefficienti di combinazione allo SLU, SLE, SLV, SLD;
- Analisi dell'involuppo delle azioni agenti;
- Dimensionamento degli elementi strutturali e verifica della funzionalità delle strutture progettate.

La sicurezza e le prestazioni sono state garantite verificando gli stati limite sopra definiti in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme.

L'analisi strutturale condotta è stata del tipo: **SISMICA STATICA EQUIVALENTE**.

Ai sensi del par. 6.4.2.1 delle NTC/2018 le verifiche sulle opere di fondazione superficiale vanno effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO);
  - o Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
  - o Collasso per scorrimento sul piano di posa;
  - o Stabilità globale.
- SLU di tipo strutturale (STR);
  - o Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale è stata effettuata secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2)

Tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche vanno effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali previsti all'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC/2018.

Ai sensi del par. 6.5.3.1.1 delle NTC/2018, la verifica del muro di sostegno è stata effettuata con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] della norma sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
  - o scorrimento sul piano di posa;
  - o collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
  - o ribaltamento;
  - o stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*



- o raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

**Tab. 6.5.I - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il programma di modellazione Max 14, prodotto da Aztec Utility.

Il software MAX è dedicato all'analisi e al calcolo dei muri di sostegno. I tipi di muro che è possibile analizzare con il programma Max sono:

- Muri a gravità;
- Muri a semigravità;
- Muri in calcestruzzo armato.

Possono essere inoltre considerati, in funzione del tipo di muro e del materiale che lo costituisce, muri con:

- Contrafforti;
- Mensole di contrappeso e di marciapiede;
- Pali di fondazione;
- Tiranti di ancoraggio.

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento

- 
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
  - Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
  - Verifica della stabilità globale
  - Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.



---

## **4. INTERFERENZE CON IL TERRITORIO CIRCOSTANTE**

### **4.1. Vincolo idrogeologico**

Il settore esaminato NON ricade all'interno delle aree vincolate ai sensi del R.D.L. 30 dicembre 1923, n° 3267, Vincolo Idrogeologico.

### **4.2. Interferenze con strutture esistenti**

Non si registrano interferenze dirette con strutture esistenti.

## 5. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE E GEOTECNICHE

In via del tutto generale si evidenzia che l'evoluzione geomorfologica del settore è il risultato della combinazione dei processi di natura endogena ed esogena, oltre che antropica, come tale è quindi influenzata dalla struttura geologica, intesa sia come caratteristiche mineralogico-petrografiche delle rocce, sia come giacitura e diversa competenza in relazione alla resistenza che esse oppongono agli agenti del modellamento esogeno.

L'area in studio è classificabile dal punto di vista fisiografico come planare, essa è costituita dalla media valle del torrente Chiamogna, localizzata tra quella del torrente Pellice e quella del torrente Chisone.

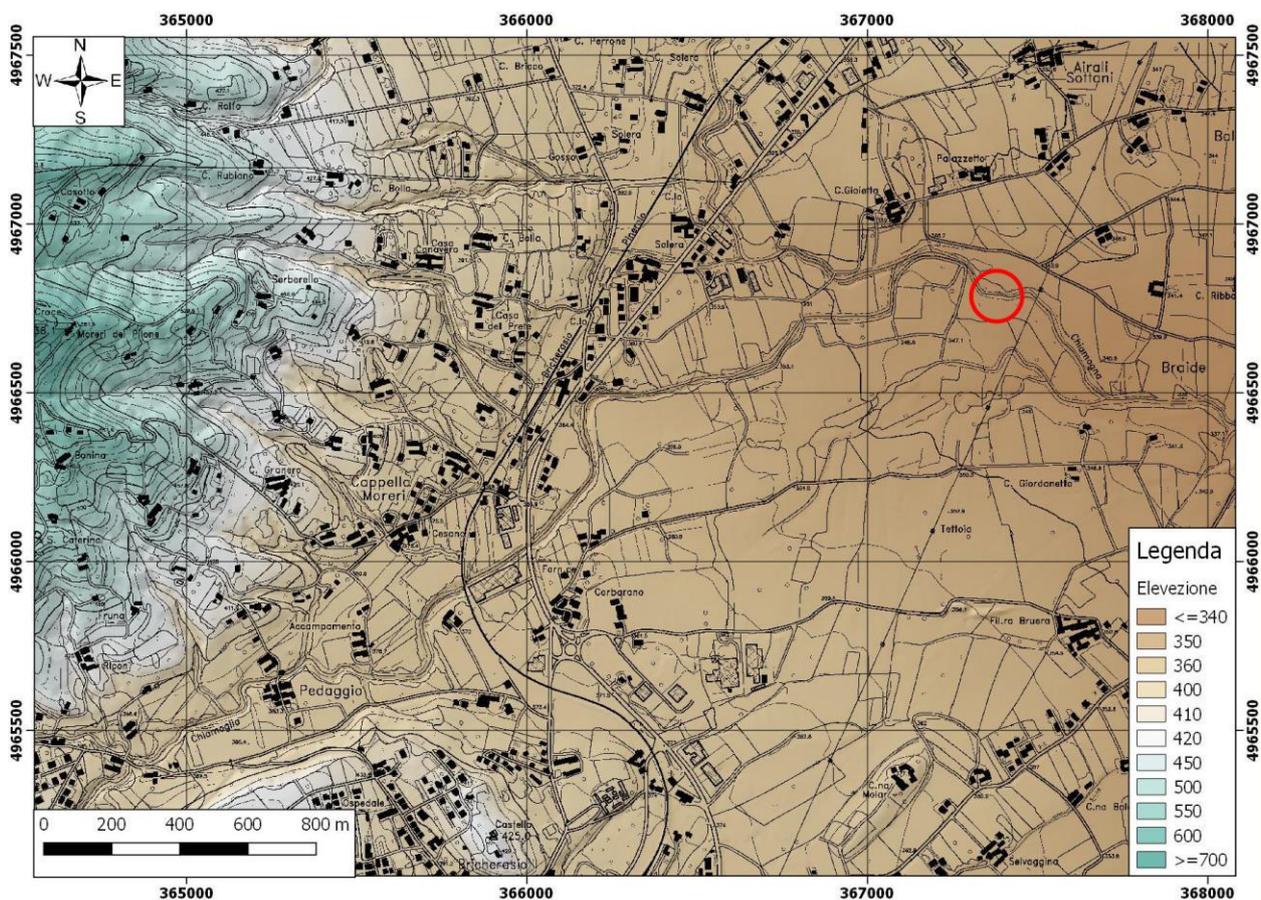


Figura 6: Carta dell'elevazione

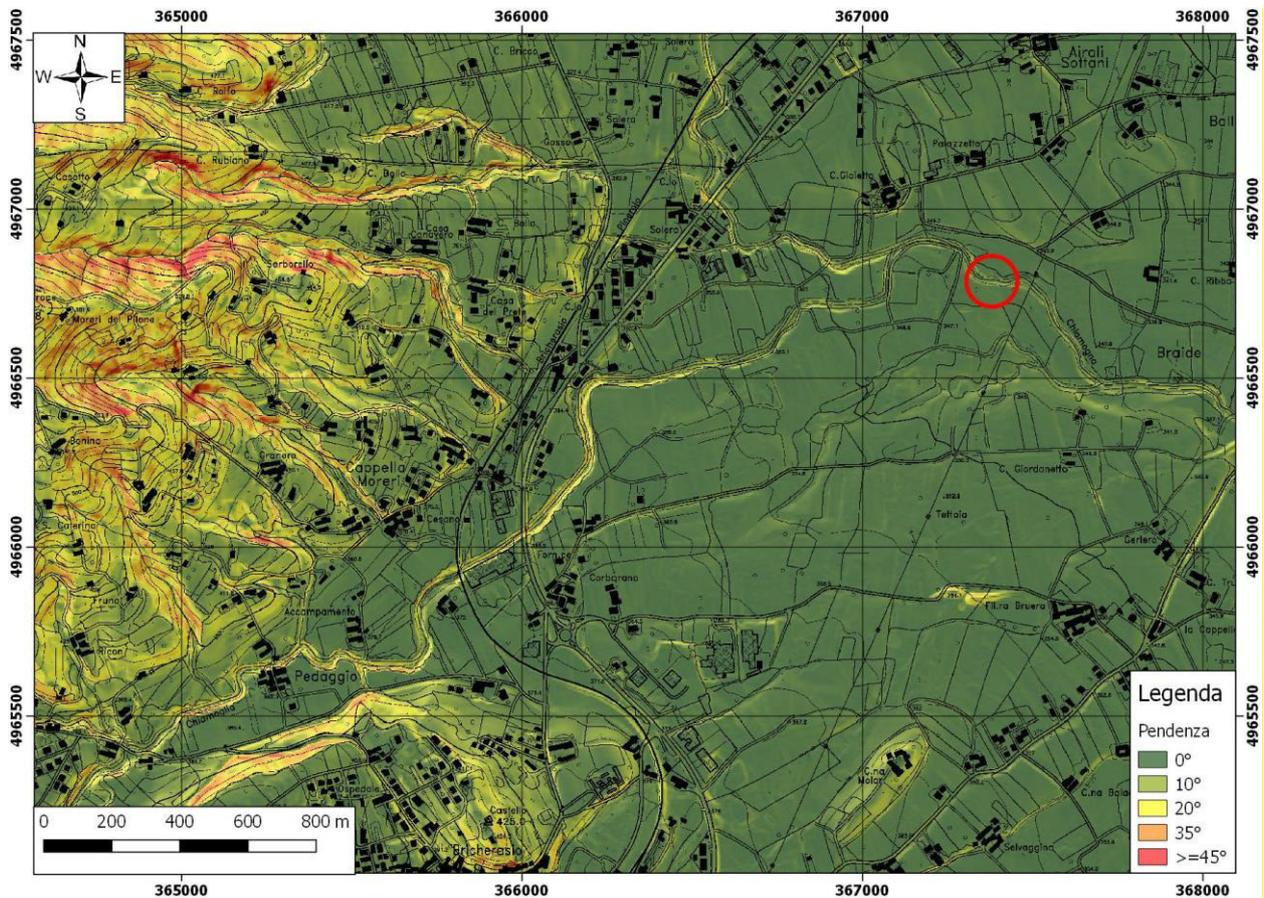


Figura 7: Carta delle pendenze (espressa in percentuale)

La carta delle pendenze evidenzia come il settore studiato presenti un'acclività media dei versanti molto bassa, evidenziando l'incisione dell'asta fluviale del torrente Chiamogna e dell'affluente rio Levetto.

Da un punto di vista dell'uso del suolo, i versanti sono caratterizzati dalla presenza di boschi di latifoglie, prati pascoli in quelle golenali e di pianura e localmente aree urbanizzate.

Da un punto di vista idrogeologico, l'area in studio, ricade interamente nel dominio della piana alluvionale, caratterizzata da un acquifero superficiale presentante una forte correlazione con le dinamiche idrologiche dei principali corpi idrici superficiali presenti.

## 5.1. Geomorfologia

Da un punto di vista geomorfologico l'area non presenta particolari criticità.

Da un esame dell'archivio S.I.F.R.A.P. (Sistema Informativo Frane Piemonte), non sono segnalate frane nelle aree circostanti il settore studiato.

Da un esame del P.A.I. della Regione Piemonte il settore esaminato non è risultato ricadere tra le aree perimetrate.

Da un esame delle cartografie relative al *Piano Fasce Fluviali* il settore non risulta perimetrato;

Da un esame delle cartografie relative alla *Direttiva Alluvioni* il settore non risulta perimetrato;

## 5.2. Inquadramento geologico

La definizione del modello geologico è stata effettuata sulla base delle informazioni reperite in letteratura e dai sopralluoghi effettuati.

Il settore esaminato all'interno della serie del *Massiccio del Dora Maira*. Un estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Fogli 67 (Pinerolo) è riportato di seguito.

Entrando nel dettaglio delle litologie affioranti nel settore dove sono ubicate le opere in progetto è presente una notevole uniformità litologica. L'intera area interessata dalle opere in progetto è costituita da depositi alluvionali recenti e/o attuali, costituiti da ghiaie e sabbie, mediamente elaborate. Localmente potrebbero essere presenti lenti di sabbie limose, tuttavia alle quote di progetto, sempre inferiori a 2 m da p.c. si esclude una loro presenza. La stratigrafia ipotizzabile, uniforme per l'area relativa all'opera di presa, al percorso della condotta e all'opera di restituzione è così schematizzabile:

- 0 – 1 m da p.c. Orizzonte pedogenetico costituito da sabbie in matrice limosa, poco addensato.
- 1 m da p.c. Deposito alluvionale eterometrico, costituito prevalentemente da ghiaie in matrice sabbiosa, poco addensate, localmente intercalate da lenti di sabbie in matrice limosa.

Da un punto di vista progettuale si ritiene sufficiente quanto prodotto attraverso il rilevamento geologico superficiale, l'analisi delle ortofoto e la consultazione della bibliografia disponibile.

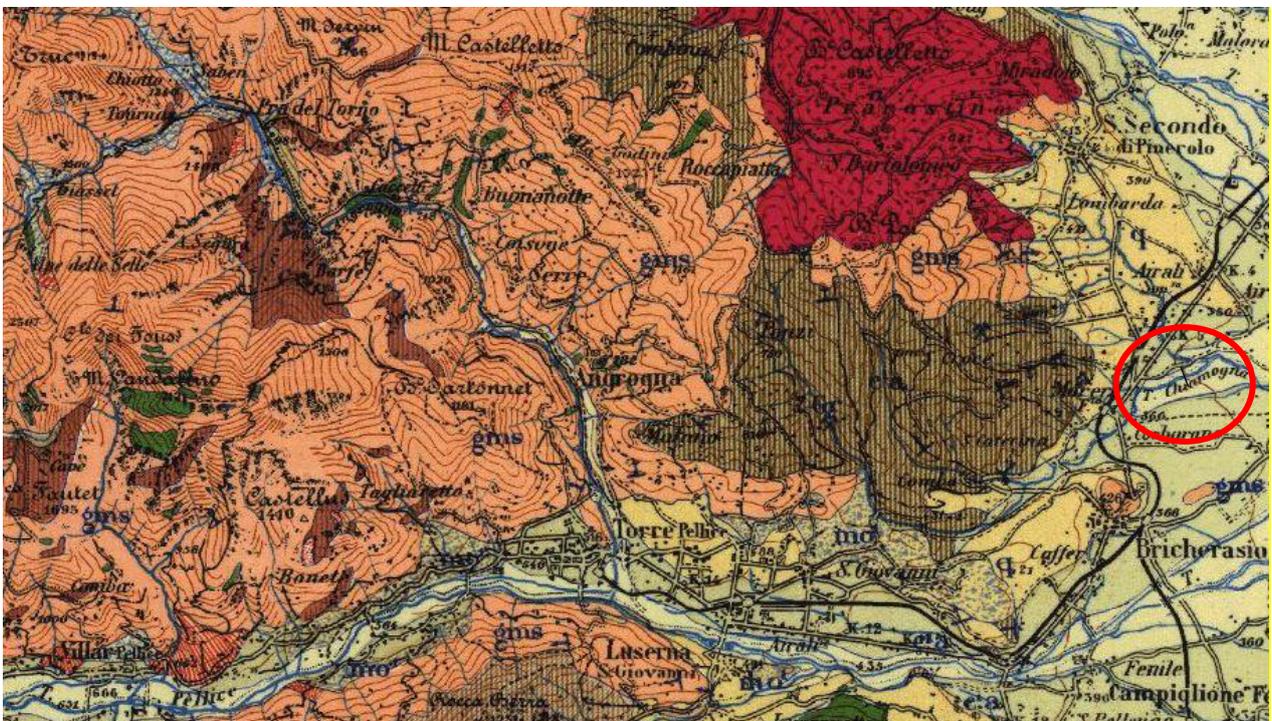


Figura 8: Estratto carta geologica - Fogli 67 (Pinerolo)



---

### 5.3. Parametri geotecnici

Sulla base dell'analisi della bibliografia, delle conoscenze pregresse su depositi detritici ed ammassi rocciosi aventi caratteristiche simili a quelle delle litologie affioranti, possiamo ipotizzare cautelativamente i seguenti valori dei principali parametri geotecnici:

	Peso unità di volume secca [t/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume satura [t/m <sup>3</sup> ]	Angolo di Attrito [°]	Coesione [KPa]
Ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa	1.8	1.9	35	5

## 6. DATI DELLA STRUTTURA, ZONIZZAZIONE SISMICA, VITA NOMINALE, CLASSE D'USO

Regione		<b>PIEMONTE</b>
Provincia		<b>TORINO</b>
Comune		<b>Bricherasio</b>
Coordinate Geografiche del cantiere	Latitudine	<b>44.841642 N</b>
	Longitudine	<b>7.322129 E</b>
Altitudine		<b>345 m s.l.m.</b>
Zona sismica		<b>ZONA 3s</b>
Tipo di opera	TAB. 2.4.I D.M. 17/01/2018	<b>ORDINARIA</b>
Vita nominale $V_N$	P.to 2.4.1 D.M. 17/01/2018	<b>50 ANNI</b>
Classe d'uso	P.to 2.4.2 D.M. 17/01/2018	<b>II</b>
Coefficiente d'uso $C_U$	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	<b>1</b>
Periodo di riferimento per azione sismica $V_R$	P.to 2.4.3 D.M. 17/01/2018	<b>50 ANNI</b>

Tabella 1 Dati della struttura e zona sismica

Il periodo di riferimento  $V_R$  di una costruzione, valutato moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso della costruzione  $C_U$  riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento  $P_{VR}$  corrispondente allo stato limite considerato, il periodo di ritorno  $T_R$  dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica. La seguente tabella mostra i valori di  $V_R$  corrispondenti ai valori di  $V_N$  che individuano le frontiere tra i tre tipi di costruzione considerati; valori di  $V_N$  intermedi tra detti valori di frontiera sono consentiti ed i corrispondenti valori dei parametri necessari a definire l'azione sismica sono ricavati utilizzando le formule d'interpolazione fornite nell'allegato A delle NTC 2008, così come previsto al paragrafo 3.2 delle NTC2018.

VITA NOMINALE $V_N$	VALORI DI $V_R$			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
$\leq 10$	35	35	35	35
$\geq 50$	$\geq 35$	$\geq 50$	$\geq 75$	$\geq 100$
$\geq 100$	$\geq 70$	$\geq 100$	$\geq 150$	$\geq 200$

Tabella 2 - Intervalli di valori attribuiti a  $V_R$  al variare di  $V_N$  e di  $C_U$

Le Norme Tecniche per le Costruzioni individuano le azioni sismiche di progetto a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Le NTC definiscono al par. 3.2 la pericolosità sismica in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di



eccedenza  $P_{VR}$ . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$ : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il calcolo delle opere in oggetto è stato realizzato facendo riferimento ai seguenti parametri:

	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
SLO	0.388	2.456	0.206
SLD	0.515	2.429	0.226
SLV	1.304	2.467	0.265
SLC	1.643	2.494	0.274

Tabella 3 - Parametri sismici di progettazione

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile che si manifestano nei terreni a grana fine sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h \times W$  ed  $F_v = k_v \times W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale è necessario individuare il valore del coefficiente topografico  $S_T$ , dipendente dalle categorie topografiche illustrate nella seguente tabella:

**Tab. 3.2.III – Categorie topografiche**

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

Tabella 4 - Categorie topografiche - Tabella 3.2.III D.M. 17/01/2018

Il caso in studio appartiene alla categoria topografica T1, alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1.0 (tabella 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario inoltre valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo.

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

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

Tabella 5 - Categorie di sottosuolo da Tabella 3.2.II D.M. 17/01/2018

Non avendo effettuato indagini specifiche in sito, nel caso in progetto si assume che la categoria di sottosuolo sia la D, alla quale corrisponde il valore massimo del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  pari a 1.8.



Categoria sottosuolo	$S_s$
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80 \cdot$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tabella 6 - Espressioni di  $S_s$  Tabella 3.2.IV D.M. 17/01/2018

Si valuta infine il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $\beta_s$ , valutato pari a 0.24. Il valore è stato ricavato facendo uso della seguente tabella, che identifica il parametro  $\beta_s$  sulla base della categoria di sottosuolo e del valore di accelerazione massima:

	Categoria di sottosuolo	
	<b>A</b>	<b>B, C, D, E</b>
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tabella 7 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito - Tabella 7.11.I D.M. 17/01/2018

$$\frac{a_g}{g} = \frac{1.304}{9.81} = 0.133 \rightarrow \beta_s = 0.24$$

La seguente tabella riepiloga i coefficienti sismici calcolati:

$a_g$ SLV	<b>1.304</b>
$S_t$ coefficiente di amplificazione topografica	<b>1.0</b>
$S_s$ coefficiente di amplificazione stratigrafica	<b>1.8</b>
$\beta_s$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	<b>0.24</b>

Tabella 8 - Coefficienti sismici

## 7. CARATTERISTICHE E RESISTENZE DI CALCOLO DEI MATERIALI UTILIZZATI

Massi di cava: materiale litoide proveniente da cava, posato a secco, non friabile né gelivo, ad elevato peso specifico. Le caratteristiche meccaniche vengono riportate nella seguente tabella:

Resistenza a compressione	(kPa)	30000
Angolo di attrito interno	(°)	45,00
Resistenza a taglio	(kg/cm <sup>2</sup> )	0,00
Peso di volume	(kg/m <sup>3</sup> )	2300,00

Tabella 9 Parametri pietrame



---

## 8. AZIONI

In accordo con la normativa citata al capitolo 2 della presente relazione, in linea generale vanno considerati nei calcoli le seguenti azioni:

- Carichi permanenti strutturali;
- Carichi permanenti NON strutturali;
- Carichi variabili.

### 8.1. Carichi permanenti strutturali

I carichi permanenti strutturali sono dati dai pesi propri delle strutture e vengono calcolati automaticamente dal software di calcolo. Si considera la massa volumica del pietrame pari a  $2300 \text{ kg/m}^3$ .

### 8.2. Carichi permanenti non strutturali

Sulla scogliera non insistono carichi permanenti non strutturali, se non la spinta attiva del terreno stesso di cui sono stati riportati i parametri geotecnici al capitolo 5.

### 8.3. Carichi variabili

Non si considerano carichi variabili per il calcolo e verifica della stabilità dell'opera di sostegno.

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico utilizzate sono quelle previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni. Si elencano in seguito i coefficienti di combinazione, con riferimento alla tabella 2.6.1. del DM, e le relative combinazioni delle azioni:

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Tabella 10 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche a SLU

Ai fini delle verifiche agli stati limite, con riferimento al par. 2.5.3 si sono definite le seguenti combinazioni delle azioni:

- SLU – Combinazione di carico fondamentale;

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione caratteristica rara;

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{0i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione frequente;

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- SLE – Combinazione quasi permanente;

$$G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

- Combinazione sismica;

$$E + G_1 + G_2 + P + \sum_{i=1}^n (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$



Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniaassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 10 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

I coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi per le fondazioni superficiali sono riassunti nella seguente tabella:

Verifica	Coefficiente parziale R1	Coefficiente parziale R2	Coefficiente parziale R3
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 11 Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

#### N.T.C. 2018

##### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{\tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaassiale delle rocce

##### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.30	1.10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.50	1.50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.40	1.00
Resistenza a compressione uniaassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60	1.60	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

##### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	0.90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00	1.00	1.10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00	1.00	1.50

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri		M1	M2	M2	M1
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1.00	1.00	1.00	1.00

**FONDAZIONE SUPERFICIALE**

**Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO**

Verifica

	Coefficienti parziali		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Si riportano di seguito tutte le combinazioni di carico delle azioni sollecitanti, generate automaticamente dal codice di calcolo, in conformità con le disposizioni della Normativa Tecnica.

## 9.1. Descrizione combinazioni di carico

### Descrizione combinazioni di carico

*Simbologia adottata*

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00




---

Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 14 - Rara (SLE)

---

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00



## 10. COMBINAZIONI DI VERIFICA

A vantaggio di sicurezza, la verifica è stata eseguita su due diverse condizioni idrauliche:

1. Livello falda sia a monte che a valle della scogliera pari a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione della scogliera;
2. Livello falda a monte della scogliera pari a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione e falda assente a valle della scogliera.

N.B. In realtà la seconda condizione ha basse probabilità di verificarsi, vista la natura intrinsecamente drenante dell'opera di sostegno e data la presenza del torrente Chiamogna a valle della stessa, il cui livello del pelo libero governa il livello della falda a monte. Tuttavia si è voluto procedere comunque al calcolo anche nella seconda condizione, che è sicuramente la più gravosa da un punto di vista statico ed in particolare per quanto concerne la verifica a scorrimento

### 10.1. Caso 1: livello falda sia a monte che a valle della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione

#### 10.1.1. Geometria di modellazione

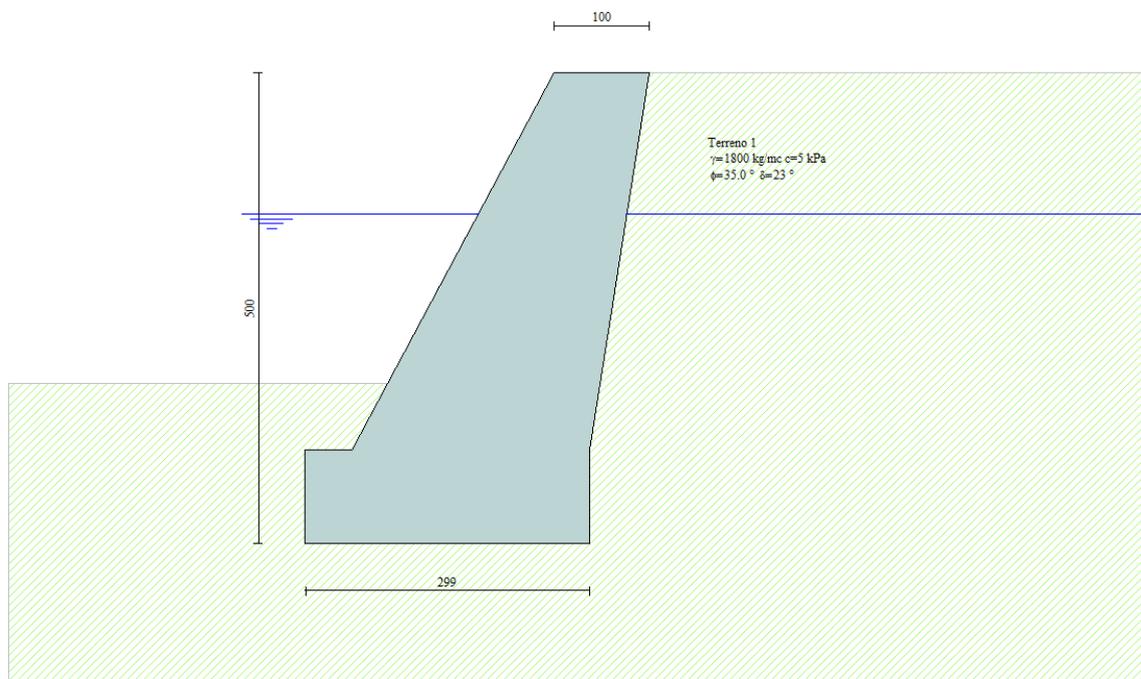


Figura 9 Geometria della modellazione

### 10.1.2. Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

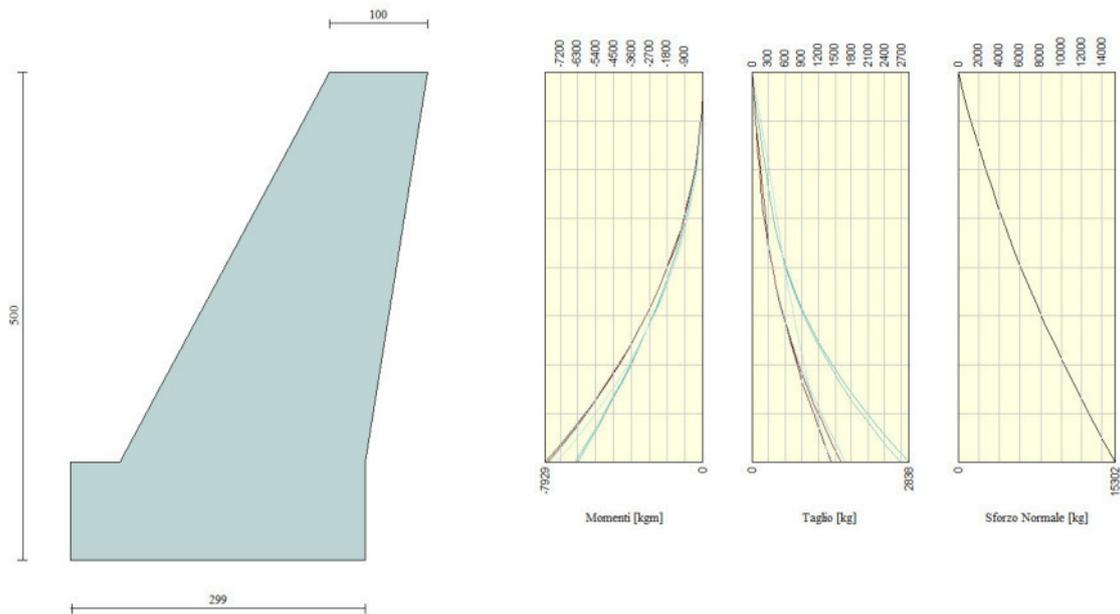


Figura 10 Involuppo delle sollecitazioni agenti sul paramento

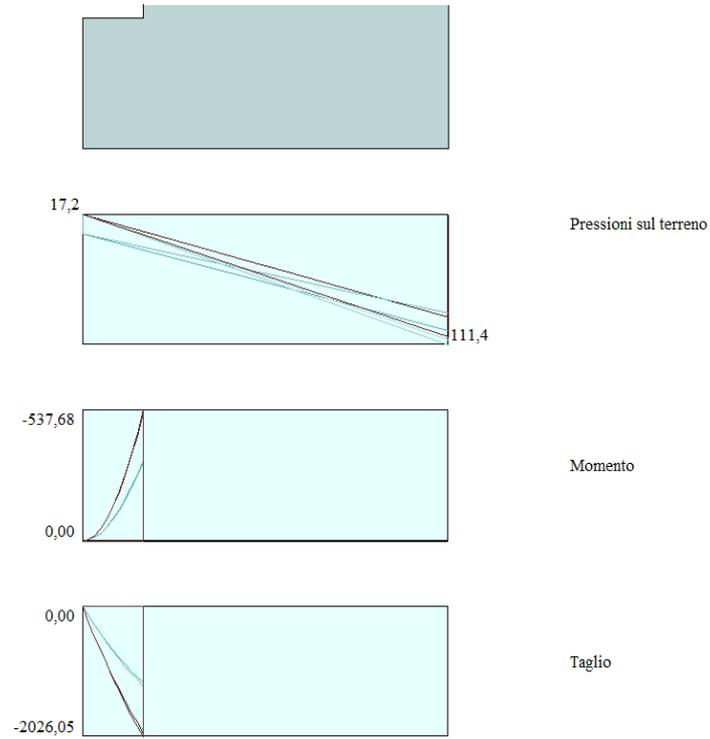


Figura 11 Involuppo delle pressioni agenti sul terreno di sedime (kPa) e delle sollecitazioni di Momento (kgm) e Taglio (kg) agenti sulla mensola di fondazione

### 10.1.3. Verifiche geotecniche

La tabella seguente riporta i dettagli dei coefficienti di sicurezza globali e le spinte risultanti dal calcolo in ogni combinazione.

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kg]	Incr. sism.[kg]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1,69	10,96	--	2111,73	0,00
2	EQU - [1]	--	1,86	--	--	--	2111,73	0,00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,41	2335,60	0,00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,69	10,96	--	2111,73	0,00
5	EQU - [2]	--	1,86	--	--	--	2111,73	0,00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,41	2335,60	0,00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1,75	<b>9,85</b>	--	1193,76	1612,63
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	<b>1,64</b>	10,90	--	1193,76	1334,94
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	1,93	--	--	--	1193,76	2680,78
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	<b>1,67</b>	--	--	--	1193,76	2298,53
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1,43	1193,76	1612,63
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	<b>1,29</b>	1193,76	1334,94
13	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,75	9,85	--	1193,76	1612,63
14	SLER - [2]	--	--	6,79	14,84	--	1193,76	0,00
15	SLEF - [2]	--	--	6,79	14,84	--	1193,76	0,00
16	SLEQ - [2]	--	--	6,79	14,84	--	1193,76	0,00
17	SLER - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	2,82	11,42	--	1193,76	704,76
18	SLER - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	2,79	12,10	--	1193,76	567,55
19	SLEF - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	2,82	11,42	--	1193,76	704,76
20	SLEF - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	2,79	12,10	--	1193,76	567,55
21	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	2,82	11,42	--	1193,76	704,76
22	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	2,79	12,10	--	1193,76	567,55

Figura 12 Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

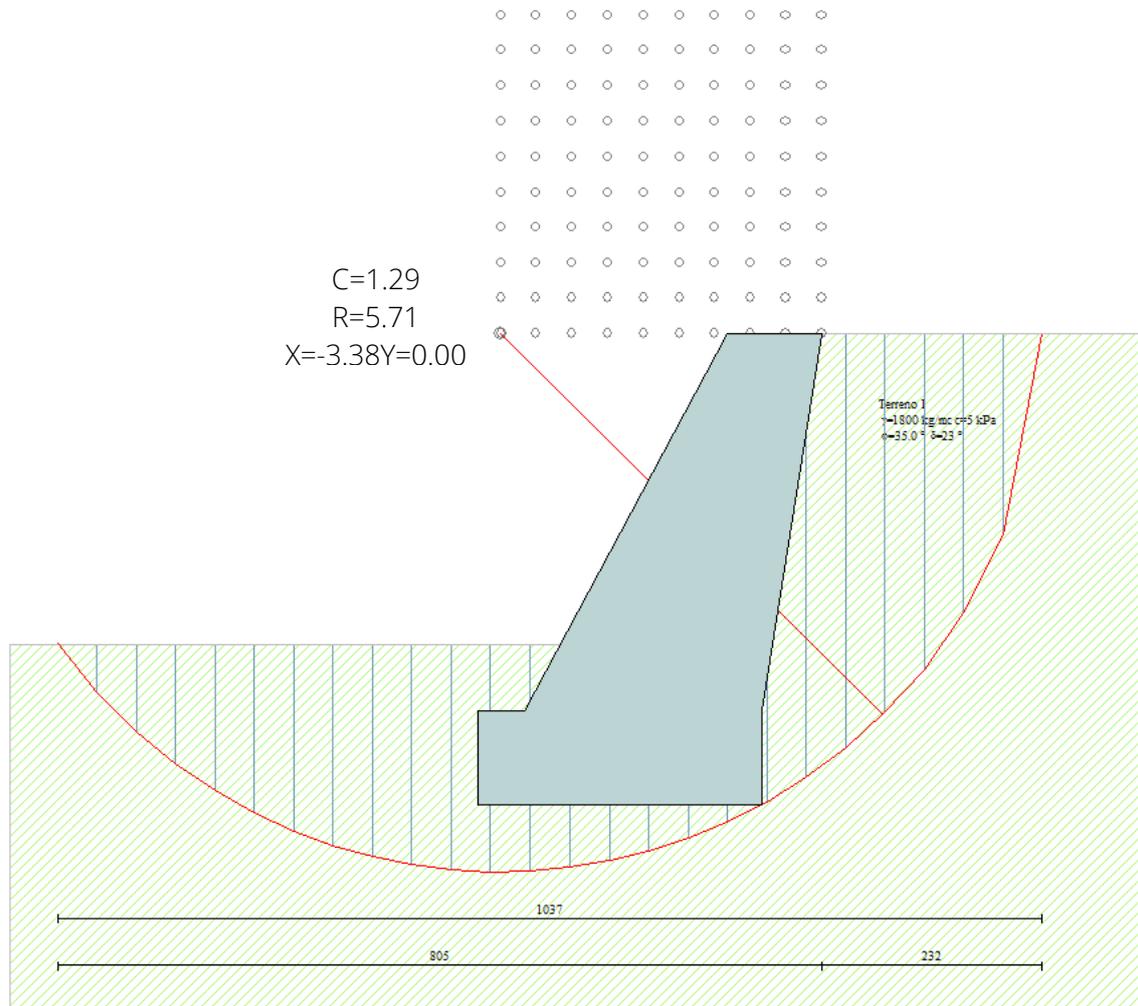
In figura seguente si riportano i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche risultanti dal calcolo; a sinistra quelli relativi alla combinazione 1 e a destra i minimi calcolati.

<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	1,86	█	1,67 [10]	IB: 3 - EQU
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,69	█	1,64 [8]	IB: 3 - A1-M1
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	10,96	█	9,85 [7]	IB: 3 - A1-M1
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,41	█	1,29 [12]	IB: 3 - STAB

Figura 13 Coefficienti di sicurezza



In figura seguente il cerchio critico con FS minore.



L'opera risulta verificata al ribaltamento, allo scorrimento, al carico ultimo ed alla stabilità globale, con i fattori di sicurezza riassunti nella seguente tabella.

Fs minimi	Ribaltamento	Scorrimento	Carico limite	Stabilità globale
Scogliera	1.67	1.64	9.85	1.29

## 10.2. Caso 2: livello falda a monte della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione, falda a valle della scogliera assente

### 10.2.1. Geometria di modellazione

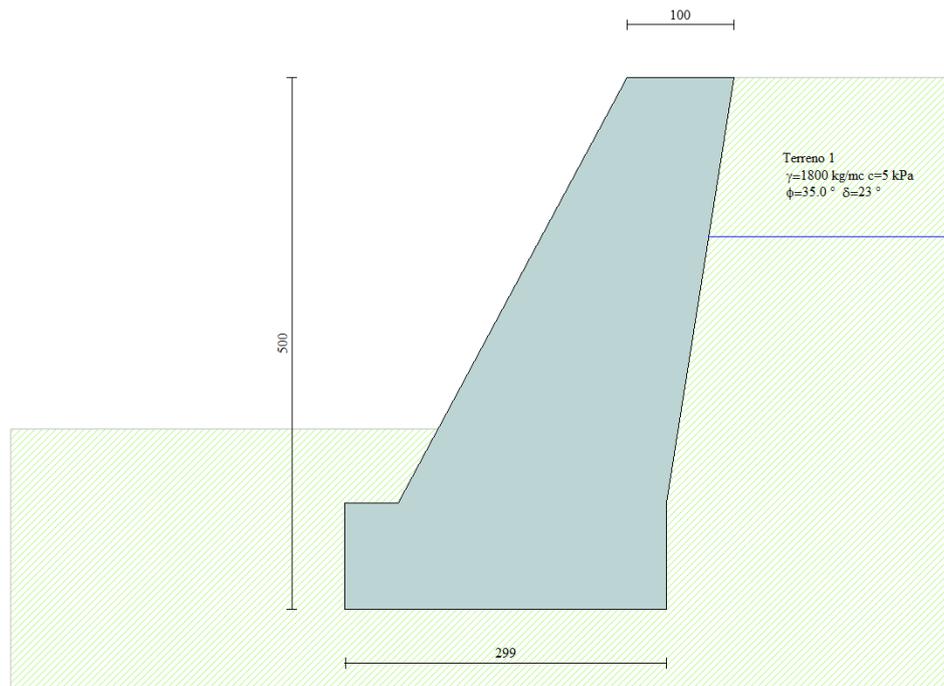


Figura 14 Geometria della modellazione

### 10.2.2. Sollecitazioni agenti

Si riporta di seguito l'involuppo delle sollecitazioni agenti sull'opera di sostegno e sul terreno di sedime.

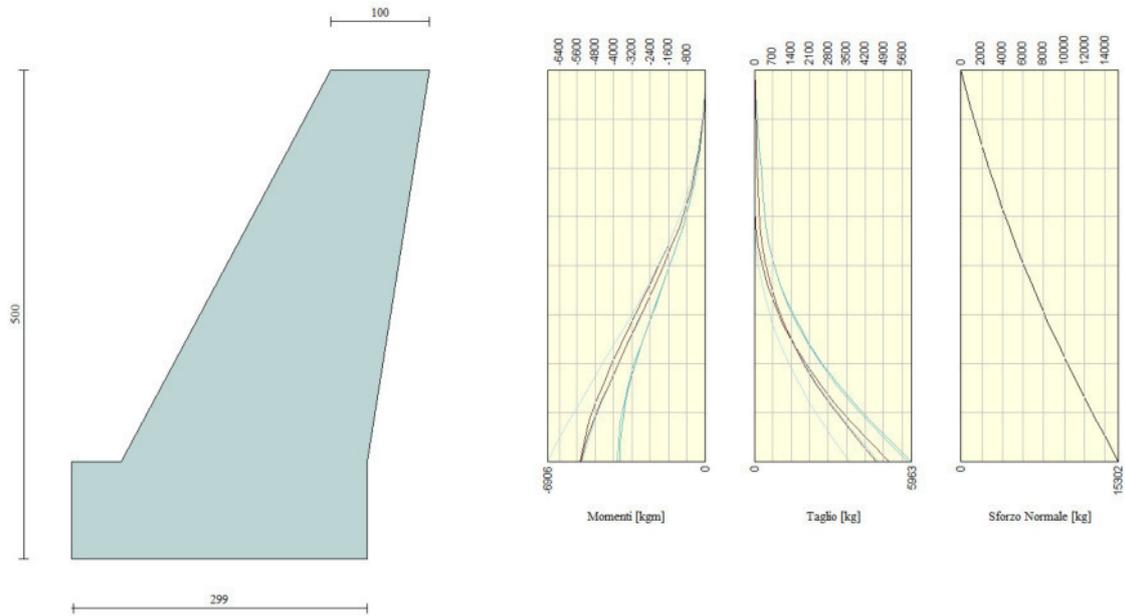


Figura 15 Inviluppo delle sollecitazioni agenti sul paramento

Figura 16 Inviluppo delle pressioni agenti sul terreno di sedime (kPa) e delle sollecitazioni di Momento (kgm) e Taglio (kg) agenti sulla mensola di fondazione

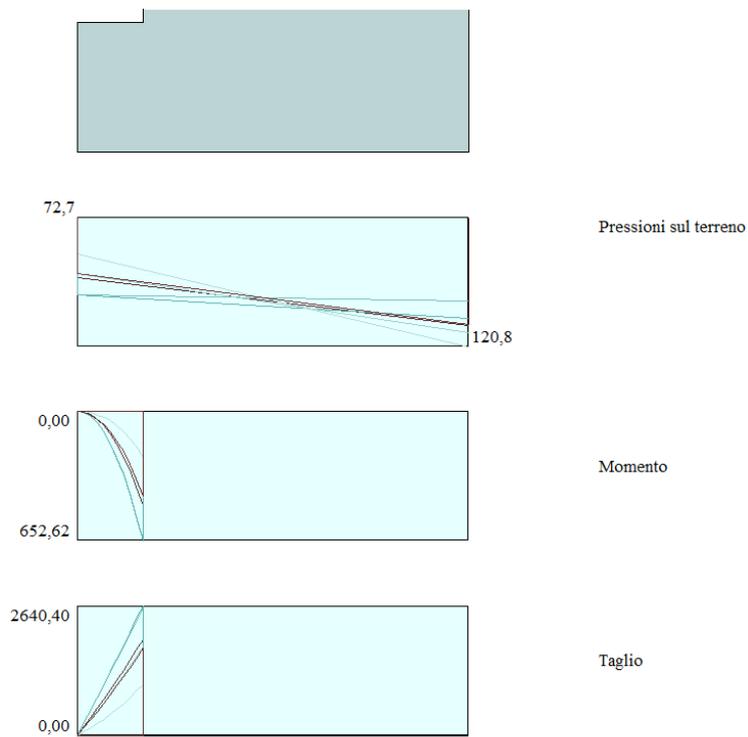


Figura 17 Inviluppo delle pressioni agenti sul terreno di sedime (kPa) e delle sollecitazioni di Momento (kgm) e Taglio (kg) agenti sulla mensola di fondazione

## 10.2.3. Verifiche geotecniche

La tabella seguente riporta i dettagli dei coefficienti di sicurezza globali e le spinte risultanti dal calcolo in ogni combinazione.

Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte								
Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kg]	Incr. sism.[kg]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1,12	10,56	--	2111,73	0,00
2	EQU - [1]	--	4,25	--	--	--	2111,73	0,00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,82	2335,60	0,00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,12	10,56	--	2111,73	0,00
5	EQU - [2]	--	4,25	--	--	--	2111,73	0,00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,82	2335,60	0,00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1,07	10,16	--	1193,76	1612,63
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1,01	10,68	--	1193,76	1334,94
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	3,09	--	--	--	1193,76	2680,78
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	2,48	--	--	--	1193,76	2298,53
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1,93	1193,76	1612,63
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1,91	1193,76	1334,94
13	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,07	10,16	--	1193,76	1612,63
14	SLER - [2]	--	--	1,52	12,61	--	1193,76	0,00
15	SLEF - [2]	--	--	1,52	12,61	--	1193,76	0,00
16	SLEQ - [2]	--	--	1,52	12,61	--	1193,76	0,00
17	SLER - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1,26	11,40	--	1193,76	704,76
18	SLER - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1,23	11,74	--	1193,76	567,55
19	SLEF - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1,26	11,40	--	1193,76	704,76
20	SLEF - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1,23	11,74	--	1193,76	567,55
21	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV positivo	--	1,26	11,40	--	1193,76	704,76
22	SLEQ - [2]	SismaH + SismaV negativo	--	1,23	11,74	--	1193,76	567,55

Figura 18 Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

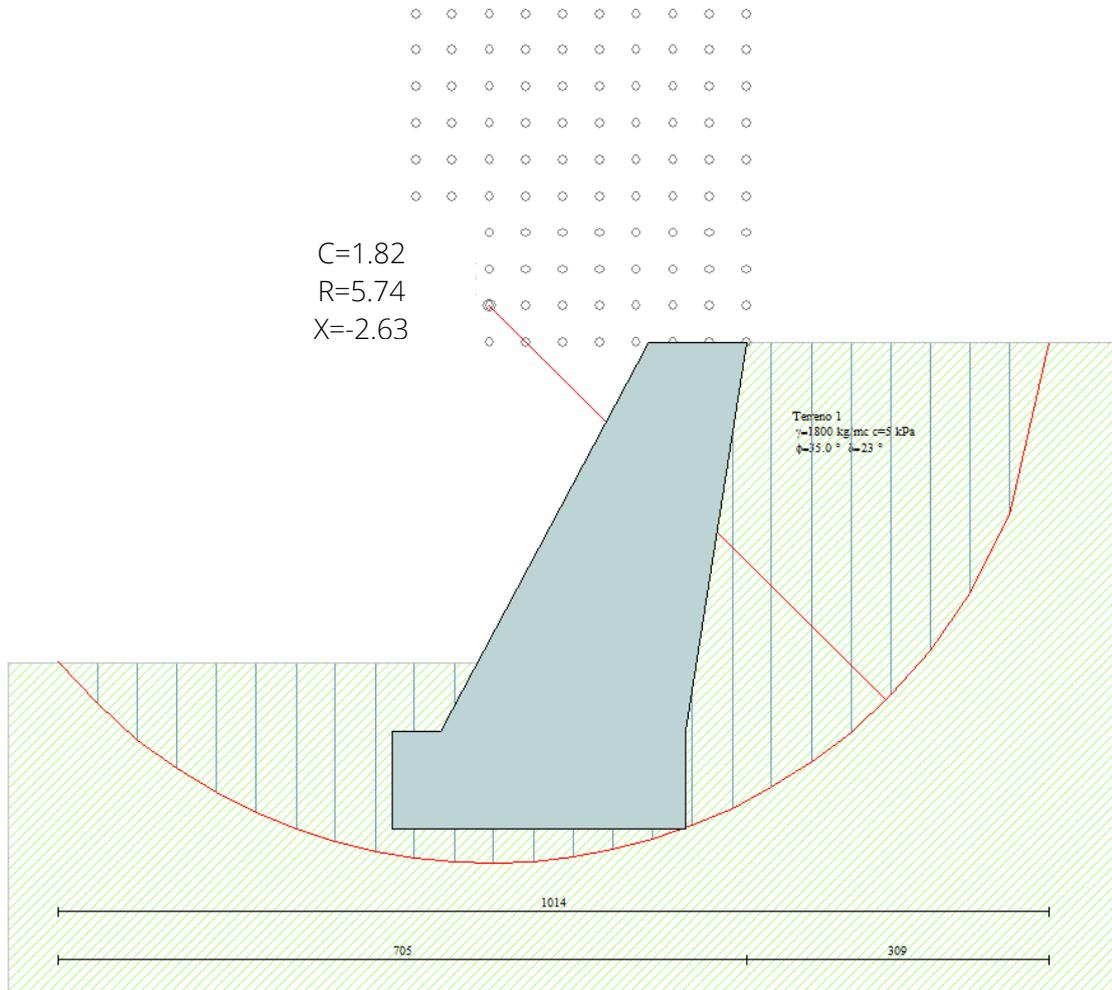
In figura seguente si riportano i coefficienti di sicurezza delle verifiche geotecniche risultanti dal calcolo; a sinistra quelli relativi alla combinazione 1 e a destra i minimi calcolati.

Risultati Analisi - Comb. 1			
<b>Coefficiente di sicurezza a ribaltamento</b>	4,25	■	2,48 [10] IB: 3 - EQU
<b>Coefficiente di sicurezza a scorrimento</b>	1,12	■	1,01 [8] IB: 3 - A1-M1
<b>Coefficiente di sicurezza a carico limite</b>	10,56	■	10,16 [7] IB: 3 - A1-M1
<b>Coefficiente di sicurezza stabilità globale</b>	1,82	■	1,82 [3] IB: 1 - STAB

Figura 19. Coefficienti di sicurezza



In figura seguente il cerchio critico con FS minore.



L'opera risulta verificata al ribaltamento, allo scorrimento, al carico ultimo ed alla stabilità globale, con i fattori di sicurezza riassunti nella seguente tabella.

<b>Fs minimi</b>	<b>Ribaltamento</b>	<b>Scorrimento</b>	<b>Carico limite</b>	<b>Stabilità globale</b>
<b>Scogliera</b>	<b>2.48</b>	<b>1.01</b>	<b>10.16</b>	<b>1.82</b>

---

## 11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati illustrati i risultati delle verifiche di stabilità relative all'opera di sostegno del tipo scogliera in massi di cava non cementati, prevista per il progetto di *"Sistemazione cedimento della sponda destra ed erosione del fondo dell'alveo del Torrente Chiamogna in loc. C.na Gioietta - PMO 24.01 11.02 - CIG: Z642897487"*, in Comune di Bricherasio (TO).

Le verifiche hanno fatto riferimento all'attuale normativa vigente, il DM 17/01/2018.

Dai risultati ottenuti risulta che tutte le verifiche effettuate sono **SODDISFATTE**.

La corretta esecuzione dell'opera di sostegno in progetto garantirà la stabilità della sponda del torrente Chiamogna per il tratto da essa sottesa.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'estratto del codice di calcolo riportato di seguito.

## Caso 1: livello falda sia a monte che a valle della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ . Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

#### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Normativa

### N.T.C. 2018

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1,00	1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

### FONDAZIONE SUPERFICIALE

#### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in pietrame
Altezza del paramento	4,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	2,49 [m]
Inclinazione paramento esterno	28,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-9,00 [°]
Lunghezza del muro	14,00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,99 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Pietrame</i>	
Peso specifico	2300,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	3000 [kPa]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0 [kPa]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	2,00	0,00	0,00
2	6,00	0,00	0,00
3	15,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,70	[m]

## Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	3,50	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	3,50	[m]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]

$c$  Coesione espressa in [kPa]  
 $c_a$  Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	$c$	$c_a$
Terreno 1	1800	1900	35.00	23.33	5,0	2,5
Terreno 2	1800	2100	35.00	23.33	0,0	0,0

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

$N$  Indice dello strato  
 $H$  Spessore dello strato espresso in [m]  
 $a$  Inclinazione espressa in [°]  
 $K_w$  Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm  
 $K_s$  Coefficiente di spinta  
 Terreno Terreno dello strato

Nr.	H	a	K <sub>w</sub>	K <sub>s</sub>	Terreno
1	20,00	0,00	10,04	0,00	Terreno 1

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$F/S$  Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)  
 $\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Rara (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

**Impostazioni avanzate**

Influenza della falda a valle sia come peso sia come spinta da valle

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

**Simbologia adottata**

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>rib</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>rib</sub></b>	<b>CS<sub>qlim</sub></b>	<b>CS<sub>stab</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	1,69	--	10,96	--
2	EQU - [1]	--	--	1,86	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,41
4	A1-M1 - [2]	--	1,69	--	10,96	--
5	EQU - [2]	--	--	1,86	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,41
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,75	--	9,85	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,64	--	10,90	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1,93	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1,67	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,43
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,29
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,75	--	9,85	--
14	SLER - [2]	--	6,79	--	14,84	--
15	SLEF - [2]	--	6,79	--	14,84	--
16	SLEQ - [2]	--	6,79	--	14,84	--
17	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,82	--	11,42	--
18	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,79	--	12,10	--
19	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,82	--	11,42	--
20	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,79	--	12,10	--
21	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	2,82	--	11,42	--
22	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	2,79	--	12,10	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	44.824537
Longitudine	7.306574
Comune	Bricherasio
Provincia	Torino
Regione	Piemonte
Punti di interpolazione del reticolo	14675 - 14897 - 14898 - 14676

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g$	1.30 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.80
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 9.09$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.55$

#### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g$	0.51 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.80
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.44$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.22$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
------------------------------------	--------------------------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	14,00 [m]

Peso muro	22953,77 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,54 Y=-2,95

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,63 Y = -5,00
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	5,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-7,22 [°]

#### COMBINAZIONE n° 1

#### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2111,73 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78 [kg]

Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -3,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]		
Spinta falda	7962,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	13619,51	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3866,28	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13402,07	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13402,07	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3866,28	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	13948,60	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,09	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6686,07	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	146910,90	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	87,82	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46,12$	$N_q = 33,30$	$N_\gamma = 37,15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,67$	$i_\gamma = 0,29$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37,89$	$N'_q = 24,90$	$N'_\gamma = 12,03$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.69
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.96

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 1**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-14	30	--	5	--	--	16,08	--
3	0,40	114,93	981	-59	58	--	11	--	--	16,88	--
4	0,60	122,40	1517	-137	86	--	18	--	--	17,71	--
5	0,80	129,87	2084	-250	112	--	24	--	--	18,57	--
6	1,00	137,33	2681	-401	138	--	32	--	--	19,45	--
7	1,20	144,80	3309	-592	164	--	39	--	--	20,12	--
8	1,40	152,27	3967	-826	200	--	47	--	--	19,84	--
9	1,60	159,73	4656	-1102	249	--	54	--	--	18,72	--
10	1,80	167,20	5376	-1419	307	--	61	--	--	17,50	--
11	2,00	174,66	6125	-1780	373	--	69	--	--	16,42	--
12	2,20	182,13	6906	-2184	446	--	76	--	--	15,47	--

13	2,40	189,60	7717	-2632	527	--	83	--	--	14,64	--
14	2,60	197,06	8558	-3126	615	--	90	--	--	13,91	--
15	2,80	204,53	9430	-3666	711	--	97	--	--	13,26	--
16	3,00	212,00	10332	-4254	814	--	104	--	--	12,69	--
17	3,20	219,46	11265	-4889	924	--	111	--	--	12,19	--
18	3,40	226,93	12228	-5573	1042	--	118	--	--	11,73	--
19	3,60	234,40	13222	-6308	1168	--	124	--	--	11,32	--
20	3,80	241,86	14247	-7093	1300	--	131	--	--	10,95	--
21	4,00	249,33	15302	-7929	1439	--	137	--	--	10,63	--

**COMBINAZIONE n° 2**

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]									
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]									
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]						Y = -3,60		[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]									
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]									
Spinta falda	7962,50	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]						Y = -3,83		[m]	
Sottospinta falda	13619,51	[kg]									
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]									
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]									
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]						Y = -3,00		[m]	

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3866,28	[kg]									
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13402,07	[kg]									
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	32510,35	[kgm]									
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	60590,71	[kgm]									
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13402,07	[kg]									
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3866,28	[kg]									
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]									
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]									
Risultante in fondazione	13948,60	[kg]									
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,09	[°]									
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6686,07	[kgm]									

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.86										
--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 2**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	3,01	--	273	0	--	99,90
3	0,40	114,93	--	--	--	6,01	--	634	0	--	99,90
4	0,60	122,40	--	--	--	9,00	--	1091	0	--	99,90
5	0,80	129,87	--	--	--	11,98	--	1649	0	--	99,90
6	1,00	137,33	--	--	--	14,95	--	2313	0	--	99,90
7	1,20	144,80	--	--	--	17,90	--	3090	0	--	23153,48
8	1,40	152,27	--	--	--	20,82	--	3990	2	--	2626,25
9	1,60	159,73	--	--	--	23,66	--	5022	7	--	720,58
10	1,80	167,20	--	--	--	26,40	--	6195	24	--	255,95
11	2,00	174,66	--	--	--	29,05	--	7525	65	--	115,32
12	2,20	182,13	--	--	--	31,62	--	9029	142	--	63,49
13	2,40	189,60	--	--	--	34,11	--	10724	267	--	40,14

14	2,60	197,06	--	--	--	36,53	--	12627	452	--	27,92
15	2,80	204,53	--	--	--	38,88	--	14754	709	--	20,80
16	3,00	212,00	--	--	--	41,17	--	17123	1051	--	16,29
17	3,20	219,46	--	--	--	43,40	--	19750	1489	--	13,27
18	3,40	226,93	--	--	--	45,58	--	22651	2035	--	11,13
19	3,60	234,40	--	--	--	47,70	--	25845	2702	--	9,57
20	3,80	241,86	--	--	--	49,78	--	29347	3501	--	8,38
21	4,00	249,33	--	--	--	51,82	--	33173	4445	--	7,46

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,38 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,32

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.41

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	801,68	79.01	786,97	2,18	29.26	4	0
2	1948,01	63.36	1741,28	0,93	29.26	4	10
3	2508,34	55.07	2056,53	0,72	29.26	4	17
4	2926,12	48.30	2184,73	0,62	29.26	4	22
5	3258,76	42.35	2195,16	0,56	29.26	4	27
6	3568,85	36.92	2143,86	0,52	29.26	4	30
7	4178,09	31.86	2205,48	0,49	29.26	4	33
8	4805,89	27.07	2186,94	0,47	29.26	4	35
9	4614,52	22.47	1763,94	0,45	29.26	4	37
10	3991,87	18.03	1235,40	0,44	29.26	4	38
11	3526,26	13.69	834,70	0,43	29.26	4	40
12	3172,36	9.44	520,09	0,42	29.26	4	40
13	2849,34	5.23	259,81	0,42	29.26	4	41
14	2807,54	1.06	51,73	0,41	29.26	4	41
15	2690,68	-3.11	-146,20	0,42	29.26	4	41
16	2604,67	-7.30	-331,04	0,42	29.26	4	41
17	2550,35	-11.53	-509,70	0,42	29.26	4	40
18	2470,65	-15.82	-673,56	0,43	29.26	4	39
19	2364,10	-20.21	-816,56	0,44	29.26	4	38
20	2228,61	-24.72	-931,97	0,46	29.26	4	36
21	2061,13	-29.41	-1011,99	0,48	29.26	4	34
22	1857,30	-34.32	-1047,17	0,50	29.26	4	31
23	1610,60	-39.55	-1025,45	0,54	29.26	4	28
24	1310,82	-45.21	-930,20	0,59	29.26	4	25
25	940,38	-51.51	-736,07	0,67	29.26	4	20

$\Sigma W_i = 67646,91$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12006,72$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 32617,36$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5877,44$  [kg]

**COMBINAZIONE n° 4****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -3,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]		
Spinta falda	7962,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	13619,51	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3866,28	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13402,07	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13402,07	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3866,28	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	13948,60	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,09	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6686,07	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	146910,90	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	87,82	[kPa]

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,67$	$i_\gamma = 0,29$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.89$	$N'_q = 24.90$	$N'_\gamma = 12.03$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.69
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.96

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 4**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-14	30	--	5	--	--	16,08	--
3	0,40	114,93	981	-59	58	--	11	--	--	16,88	--
4	0,60	122,40	1517	-137	86	--	18	--	--	17,71	--
5	0,80	129,87	2084	-250	112	--	24	--	--	18,57	--
6	1,00	137,33	2681	-401	138	--	32	--	--	19,45	--
7	1,20	144,80	3309	-592	164	--	39	--	--	20,12	--

8	1,40	152,27	3967	-826	200	--	47	--	--	19,84	--
9	1,60	159,73	4656	-1102	249	--	54	--	--	18,72	--
10	1,80	167,20	5376	-1419	307	--	61	--	--	17,50	--
11	2,00	174,66	6125	-1780	373	--	69	--	--	16,42	--
12	2,20	182,13	6906	-2184	446	--	76	--	--	15,47	--
13	2,40	189,60	7717	-2632	527	--	83	--	--	14,64	--
14	2,60	197,06	8558	-3126	615	--	90	--	--	13,91	--
15	2,80	204,53	9430	-3666	711	--	97	--	--	13,26	--
16	3,00	212,00	10332	-4254	814	--	104	--	--	12,69	--
17	3,20	219,46	11265	-4889	924	--	111	--	--	12,19	--
18	3,40	226,93	12228	-5573	1042	--	118	--	--	11,73	--
19	3,60	234,40	13222	-6308	1168	--	124	--	--	11,32	--
20	3,80	241,86	14247	-7093	1300	--	131	--	--	10,95	--
21	4,00	249,33	15302	-7929	1439	--	137	--	--	10,63	--

**COMBINAZIONE n° 5**

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -3,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]		
Spinta falda	7962,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	13619,51	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	3866,28	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	13402,07	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	32510,35	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	60590,71	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	13402,07	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	3866,28	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	13948,60	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,09	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6686,07	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.86
--	------

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 5**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	3,01	--	273	0	--	99,90
3	0,40	114,93	--	--	--	6,01	--	634	0	--	99,90
4	0,60	122,40	--	--	--	9,00	--	1091	0	--	99,90
5	0,80	129,87	--	--	--	11,98	--	1649	0	--	99,90
6	1,00	137,33	--	--	--	14,95	--	2313	0	--	99,90
7	1,20	144,80	--	--	--	17,90	--	3090	0	--	23153,48
8	1,40	152,27	--	--	--	20,82	--	3990	2	--	2626,25

9	1,60	159,73	--	--	--	23,66	--	5022	7	--	720,58
10	1,80	167,20	--	--	--	26,40	--	6195	24	--	255,95
11	2,00	174,66	--	--	--	29,05	--	7525	65	--	115,32
12	2,20	182,13	--	--	--	31,62	--	9029	142	--	63,49
13	2,40	189,60	--	--	--	34,11	--	10724	267	--	40,14
14	2,60	197,06	--	--	--	36,53	--	12627	452	--	27,92
15	2,80	204,53	--	--	--	38,88	--	14754	709	--	20,80
16	3,00	212,00	--	--	--	41,17	--	17123	1051	--	16,29
17	3,20	219,46	--	--	--	43,40	--	19750	1489	--	13,27
18	3,40	226,93	--	--	--	45,58	--	22651	2035	--	11,13
19	3,60	234,40	--	--	--	47,70	--	25845	2702	--	9,57
20	3,80	241,86	--	--	--	49,78	--	29347	3501	--	8,38
21	4,00	249,33	--	--	--	51,82	--	33173	4445	--	7,46

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,38 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,32

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.41

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	801,68	79.01	786,97	2,18	29.26	4	0
2	1948,01	63.36	1741,28	0,93	29.26	4	10
3	2508,34	55.07	2056,53	0,72	29.26	4	17
4	2926,12	48.30	2184,73	0,62	29.26	4	22
5	3258,76	42.35	2195,16	0,56	29.26	4	27
6	3568,85	36.92	2143,86	0,52	29.26	4	30
7	4178,09	31.86	2205,48	0,49	29.26	4	33
8	4805,89	27.07	2186,94	0,47	29.26	4	35
9	4614,52	22.47	1763,94	0,45	29.26	4	37
10	3991,87	18.03	1235,40	0,44	29.26	4	38
11	3526,26	13.69	834,70	0,43	29.26	4	40
12	3172,36	9.44	520,09	0,42	29.26	4	40
13	2849,34	5.23	259,81	0,42	29.26	4	41
14	2807,54	1.06	51,73	0,41	29.26	4	41
15	2690,68	-3.11	-146,20	0,42	29.26	4	41
16	2604,67	-7.30	-331,04	0,42	29.26	4	41
17	2550,35	-11.53	-509,70	0,42	29.26	4	40
18	2470,65	-15.82	-673,56	0,43	29.26	4	39
19	2364,10	-20.21	-816,56	0,44	29.26	4	38
20	2228,61	-24.72	-931,97	0,46	29.26	4	36
21	2061,13	-29.41	-1011,99	0,48	29.26	4	34
22	1857,30	-34.32	-1047,17	0,50	29.26	4	31
23	1610,60	-39.55	-1025,45	0,54	29.26	4	28
24	1310,82	-45.21	-930,20	0,59	29.26	4	25
25	940,38	-51.51	-736,07	0,67	29.26	4	20

$\Sigma W_i = 67646,91$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12006,72$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 32617,36$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5877,44$  [kg]

#### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	1612,63	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,76	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	2087,16	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1043,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	25,92	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4835,16	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17807,32	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17807,32	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4835,16	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,35	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	18452,08	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,19	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6273,26	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	175336,58	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	17,14	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	99,54	[kPa]		

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,69$	$i_q = 0,69$	$i_\gamma = 0,32$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 38.82$	$N'_q = 25.51$	$N'_\gamma = 13.20$

#### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.75
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.85

### Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

#### Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
M <sub>s</sub>	momento stabilizzante [kgm]
M <sub>r</sub>	momento ribaltante [kgm]
C <sub>s</sub>	coeff. di sicurezza allo scorrimento
C <sub>r</sub>	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-969	426	--	51	--	--	10,92	--
10	1,80	167,20	5376	-1249	509	--	58	--	--	10,56	--
11	2,00	174,66	6125	-1565	613	--	65	--	--	9,99	--
12	2,20	182,13	6906	-1916	739	--	71	--	--	9,35	--
13	2,40	189,60	7717	-2299	886	--	78	--	--	8,71	--
14	2,60	197,06	8558	-2714	1055	--	84	--	--	8,11	--
15	2,80	204,53	9430	-3157	1245	--	90	--	--	7,57	--
16	3,00	212,00	10332	-3626	1458	--	95	--	--	7,09	--
17	3,20	219,46	11265	-4121	1691	--	101	--	--	6,66	--
18	3,40	226,93	12228	-4639	1946	--	106	--	--	6,28	--
19	3,60	234,40	13222	-5177	2223	--	111	--	--	5,95	--
20	3,80	241,86	14247	-5735	2521	--	115	--	--	5,65	--
21	4,00	249,33	15302	-6310	2838	--	120	--	--	5,39	--

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	1334,94	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,38	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	2087,16	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-1043,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-25,92	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4568,38	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15591,25	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15591,25	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4568,38	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,33	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	16246,75	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,33	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-5155,08	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	169868,90	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	17,23	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	84,94	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,67$	$i_q = 0,67$	$i_\gamma = 0,28$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 37.65$$

$$N'_q = 24.74$$

$$N'_y = 11.72$$

### COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento  
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

1.64  
10.90

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

### Combinazione n° 8

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H altezza della sezione espressa in [cm]  
N sforzo normale [kg]  
M momento flettente [kgm]  
T taglio [kg]  
e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]  
 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]  
Ms momento stabilizzante [kgm]  
Mr momento ribaltante [kgm]  
Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento  
Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-969	426	--	51	--	--	10,93	--
10	1,80	167,20	5376	-1249	507	--	58	--	--	10,61	--
11	2,00	174,66	6125	-1566	607	--	65	--	--	10,10	--
12	2,20	182,13	6906	-1919	726	--	71	--	--	9,51	--
13	2,40	189,60	7717	-2306	865	--	78	--	--	8,92	--
14	2,60	197,06	8558	-2725	1023	--	84	--	--	8,37	--
15	2,80	204,53	9430	-3176	1201	--	90	--	--	7,85	--
16	3,00	212,00	10332	-3656	1397	--	96	--	--	7,39	--
17	3,20	219,46	11265	-4165	1614	--	101	--	--	6,98	--
18	3,40	226,93	12228	-4699	1850	--	107	--	--	6,61	--
19	3,60	234,40	13222	-5259	2105	--	112	--	--	6,28	--
20	3,80	241,86	14247	-5843	2379	--	117	--	--	5,99	--
21	4,00	249,33	15302	-6449	2670	--	121	--	--	5,73	--

### COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	2680,78	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,13	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	3130,74	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1565,37	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	77,77	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	38,88	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6930,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	18638,50	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	33972,57	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	65508,40	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	18638,50	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6930,86	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,20	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	19885,43	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,40	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3640,53	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.93
--	------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	2,29	--	273	6	--	42,52
3	0,40	114,93	--	--	--	4,54	--	634	26	--	24,21
4	0,60	122,40	--	--	--	6,76	--	1091	60	--	18,12
5	0,80	129,87	--	--	--	8,94	--	1649	109	--	15,09
6	1,00	137,33	--	--	--	11,10	--	2313	174	--	13,28
7	1,20	144,80	--	--	--	13,23	--	3089	256	--	12,08
8	1,40	152,27	--	--	--	15,34	--	3984	355	--	11,22
9	1,60	159,73	--	--	--	17,42	--	5005	473	--	10,58
10	1,80	167,20	--	--	--	19,43	--	6170	617	--	10,00
11	2,00	174,66	--	--	--	21,31	--	7497	801	--	9,37
12	2,20	182,13	--	--	--	23,02	--	9004	1038	--	8,67
13	2,40	189,60	--	--	--	24,55	--	10705	1344	--	7,97
14	2,60	197,06	--	--	--	25,87	--	12616	1732	--	7,28
15	2,80	204,53	--	--	--	27,00	--	14753	2217	--	6,65
16	3,00	212,00	--	--	--	27,94	--	17131	2813	--	6,09
17	3,20	219,46	--	--	--	28,68	--	19767	3534	--	5,59
18	3,40	226,93	--	--	--	29,24	--	22677	4394	--	5,16
19	3,60	234,40	--	--	--	29,63	--	25875	5408	--	4,78
20	3,80	241,86	--	--	--	29,84	--	29379	6590	--	4,46
21	4,00	249,33	--	--	--	29,89	--	33199	7954	--	4,17

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	2298,53	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,94	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	3130,74	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-1565,37	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	77,77	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-38,88	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	6563,62	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15323,90	[kg]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	36911,44	[kgm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	61784,49	[kgm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15323,90	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	6563,62	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,13	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	16670,43	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,19	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1938,53	[kgm]		

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.67
--	------

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 10**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	2,29	--	273	6	--	42,52
3	0,40	114,93	--	--	--	4,54	--	634	26	--	24,21
4	0,60	122,40	--	--	--	6,76	--	1091	60	--	18,12
5	0,80	129,87	--	--	--	8,94	--	1649	109	--	15,09
6	1,00	137,33	--	--	--	11,10	--	2313	174	--	13,28
7	1,20	144,80	--	--	--	13,23	--	3089	256	--	12,08
8	1,40	152,27	--	--	--	15,34	--	3984	355	--	11,22
9	1,60	159,73	--	--	--	17,42	--	5005	473	--	10,58
10	1,80	167,20	--	--	--	19,44	--	6168	617	--	10,00
11	2,00	174,66	--	--	--	21,34	--	7493	799	--	9,38
12	2,20	182,13	--	--	--	23,08	--	8994	1034	--	8,70
13	2,40	189,60	--	--	--	24,66	--	10688	1335	--	8,01
14	2,60	197,06	--	--	--	26,07	--	12589	1716	--	7,34
15	2,80	204,53	--	--	--	27,29	--	14713	2190	--	6,72
16	3,00	212,00	--	--	--	28,34	--	17077	2771	--	6,16
17	3,20	219,46	--	--	--	29,23	--	19695	3473	--	5,67
18	3,40	226,93	--	--	--	29,94	--	22583	4309	--	5,24
19	3,60	234,40	--	--	--	30,50	--	25756	5292	--	4,87
20	3,80	241,86	--	--	--	30,91	--	29231	6438	--	4,54
21	4,00	249,33	--	--	--	31,18	--	33019	7758	--	4,26

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

## Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,38 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,32

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.43

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	801,68	79.01	786,97	2,18	35.00	5	0
2	1948,01	63.36	1741,28	0,93	35.00	5	10
3	2508,34	55.07	2056,53	0,72	35.00	5	17
4	2926,12	48.30	2184,73	0,62	35.00	5	22
5	3258,76	42.35	2195,16	0,56	35.00	5	27
6	3568,85	36.92	2143,86	0,52	35.00	5	30
7	4178,09	31.86	2205,48	0,49	35.00	5	33
8	4805,89	27.07	2186,94	0,47	35.00	5	35
9	4614,52	22.47	1763,94	0,45	35.00	5	37
10	3991,87	18.03	1235,40	0,44	35.00	5	38
11	3526,26	13.69	834,70	0,43	35.00	5	40
12	3172,36	9.44	520,09	0,42	35.00	5	40
13	2849,34	5.23	259,81	0,42	35.00	5	41
14	2807,54	1.06	51,73	0,41	35.00	5	41
15	2690,68	-3.11	-146,20	0,42	35.00	5	41
16	2604,67	-7.30	-331,04	0,42	35.00	5	41
17	2550,35	-11.53	-509,70	0,42	35.00	5	40
18	2470,65	-15.82	-673,56	0,43	35.00	5	39
19	2364,10	-20.21	-816,56	0,44	35.00	5	38
20	2228,61	-24.72	-931,97	0,46	35.00	5	36
21	2061,13	-29.41	-1011,99	0,48	35.00	5	34
22	1857,30	-34.32	-1047,17	0,50	35.00	5	31
23	1610,60	-39.55	-1025,45	0,54	35.00	5	28
24	1310,82	-45.21	-930,20	0,59	35.00	5	25
25	940,38	-51.51	-736,07	0,67	35.00	5	20

 $\Sigma W_i = 67646,91$  [kg] $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12006,72$  [kg] $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 40771,70$  [kg] $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 7346,79$  [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -3,38 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 5,71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2,32

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.29

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	801,68	79.01	786,97	2,18	35.00	5	0
2	1948,01	63.36	1741,28	0,93	35.00	5	10
3	2508,34	55.07	2056,53	0,72	35.00	5	17
4	2926,12	48.30	2184,73	0,62	35.00	5	22
5	3258,76	42.35	2195,16	0,56	35.00	5	27
6	3568,85	36.92	2143,86	0,52	35.00	5	30
7	4178,09	31.86	2205,48	0,49	35.00	5	33
8	4805,89	27.07	2186,94	0,47	35.00	5	35
9	4614,52	22.47	1763,94	0,45	35.00	5	37
10	3991,87	18.03	1235,40	0,44	35.00	5	38
11	3526,26	13.69	834,70	0,43	35.00	5	40
12	3172,36	9.44	520,09	0,42	35.00	5	40
13	2849,34	5.23	259,81	0,42	35.00	5	41
14	2807,54	1.06	51,73	0,41	35.00	5	41
15	2690,68	-3.11	-146,20	0,42	35.00	5	41
16	2604,67	-7.30	-331,04	0,42	35.00	5	41
17	2550,35	-11.53	-509,70	0,42	35.00	5	40
18	2470,65	-15.82	-673,56	0,43	35.00	5	39
19	2364,10	-20.21	-816,56	0,44	35.00	5	38
20	2228,61	-24.72	-931,97	0,46	35.00	5	36
21	2061,13	-29.41	-1011,99	0,48	35.00	5	34
22	1857,30	-34.32	-1047,17	0,50	35.00	5	31
23	1610,60	-39.55	-1025,45	0,54	35.00	5	28
24	1310,82	-45.21	-930,20	0,59	35.00	5	25
25	940,38	-51.51	-736,07	0,67	35.00	5	20

$\Sigma W_i = 67646,91$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 12006,72$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 40771,70$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 7346,79$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 13

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	1612,63	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,76	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	2087,16	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1043,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	25,92	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	4835,16	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17807,32	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17807,32	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	4835,16	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,35	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	18452,08	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15,19	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6273,26	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	175336,58	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	17,14	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	99,54	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,69$	$i_q = 0,69$	$i_\gamma = 0,32$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 38.82$	$N'_q = 25.51$	$N'_\gamma = 13.20$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.75
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	9.85

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 13**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-969	426	--	51	--	--	10,92	--
10	1,80	167,20	5376	-1249	509	--	58	--	--	10,56	--
11	2,00	174,66	6125	-1565	613	--	65	--	--	9,99	--

12	2,20	182,13	6906	-1916	739	--	71	--	--	9,35	--
13	2,40	189,60	7717	-2299	886	--	78	--	--	8,71	--
14	2,60	197,06	8558	-2714	1055	--	84	--	--	8,11	--
15	2,80	204,53	9430	-3157	1245	--	90	--	--	7,57	--
16	3,00	212,00	10332	-3626	1458	--	95	--	--	7,09	--
17	3,20	219,46	11265	-4121	1691	--	101	--	--	6,66	--
18	3,40	226,93	12228	-4639	1946	--	106	--	--	6,28	--
19	3,60	234,40	13222	-5177	2223	--	111	--	--	5,95	--
20	3,80	241,86	14247	-5735	2521	--	115	--	--	5,65	--
21	4,00	249,33	15302	-6310	2838	--	120	--	--	5,39	--

**COMBINAZIONE n° 14****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]			
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]			
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]			
Spinta falda	6125,00	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]	
Sottospinta falda	10476,55	[kg]			
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]	

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1146,87	[kg]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16290,28	[kg]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16290,28	[kg]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1146,87	[kg]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]			
Risultante in fondazione	16330,60	[kg]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4,03	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8126,95	[kgm]			
Carico ultimo della fondazione	241787,84	[kg]			

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]			
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]			
Tensione terreno allo spigolo di monte	106,74	[kPa]			

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,91$	$i_q = 0,91$	$i_\gamma = 0,78$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 51.27$	$N'_q = 33.70$	$N'_\gamma = 32.27$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14.84

**COMBINAZIONE n° 15****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]			
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]			
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]			
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]			

Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1146,87	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16290,28	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16290,28	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1146,87	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	16330,60	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4,03	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8126,95	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	241787,84	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	106,74	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46,12$	$N_q = 33,30$	$N_\gamma = 37,15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,91$	$i_q = 0,91$	$i_\gamma = 0,78$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 51,27$	$N'_q = 33,70$	$N'_\gamma = 32,27$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6,79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14,84

COMBINAZIONE n° 16**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		

Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	1146,87	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	16290,28	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	16290,28	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	1146,87	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	16330,60	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4,03	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8126,95	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	241787,84	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	106,74	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.91$	$i_q = 0.91$	$i_\gamma = 0.78$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.22$	$d_q = 1.11$	$d_\gamma = 1.11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 51.27$	$N'_q = 33.70$	$N'_\gamma = 32.27$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	14.84

COMBINAZIONE n° 17**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2868,43	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17008,11	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17008,11	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2868,43	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	17248,29	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,57	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8485,06	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	194149,12	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	111,45	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.80$	$i_q = 0.80$	$i_\gamma = 0.53$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.22$	$d_q = 1.11$	$d_\gamma = 1.11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.87$	$N'_q = 29.49$	$N'_\gamma = 21.75$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.82
---	------

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 11.42

**COMBINAZIONE n° 18****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2736,61	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15925,54	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15925,54	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2736,61	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	16158,96	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,75	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7944,99	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	192737,86	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	104,35	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,52$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.67$	$N'_q = 29.36$	$N'_\gamma = 21.45$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 2.79  
 Coefficiente di sicurezza a carico ultimo 12.10

**COMBINAZIONE n° 19****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]

Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2868,43	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17008,11	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17008,11	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2868,43	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	17248,29	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,57	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8485,06	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	194149,12	[kg]		
<i>Tensioni sul terreno</i>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	111,45	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,53$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.87$	$N'_q = 29.49$	$N'_\gamma = 21.75$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.82
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.42

COMBINAZIONE n° 20**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		
<i>Risultanti</i>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2736,61	[kg]		

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15925,54	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15925,54	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2736,61	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	16158,96	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,75	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7944,99	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	192737,86	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	104,35	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,52$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.67$	$N'_q = 29.36$	$N'_\gamma = 21.45$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.10

COMBINAZIONE n° 21**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2868,43	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	17008,11	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	17008,11	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2868,43	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	17248,29	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-8485,06	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	194149,12	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	111,45	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,53$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.87$	$N'_q = 29.49$	$N'_\gamma = 21.75$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.82
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.42

COMBINAZIONE n° 22**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Sottospinta falda	10476,55	[kg]		
Spinta falda da valle	6125,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	2736,61	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	15925,54	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	15925,54	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	2736,61	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,50	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	16158,96	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9,75	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-7944,99	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	192737,86	[kg]		
<u>Tensioni sul terreno</u>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	104,35	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,80$	$i_q = 0,80$	$i_\gamma = 0,52$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 44.67$	$N'_q = 29.36$	$N'_\gamma = 21.45$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.79
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.10

## Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	100,00	0	0	0	0	0	0
2	0,20	107,47	475	475	-14	-13	30	43
3	0,40	114,93	981	981	-59	-53	58	89
4	0,60	122,40	1517	1517	-137	-123	86	138
5	0,80	129,87	2084	2084	-250	-223	112	190
6	1,00	137,33	2681	2681	-401	-356	138	244
7	1,20	144,80	3309	3309	-592	-523	164	301
8	1,40	152,27	3967	3967	-826	-727	200	361
9	1,60	159,73	4656	4656	-1102	-969	249	426
10	1,80	167,20	5376	5376	-1419	-1249	307	509
11	2,00	174,66	6125	6125	-1780	-1565	373	613
12	2,20	182,13	6906	6906	-2184	-1916	446	739
13	2,40	189,60	7717	7717	-2632	-2299	527	886
14	2,60	197,06	8558	8558	-3126	-2714	615	1055
15	2,80	204,53	9430	9430	-3666	-3157	711	1245
16	3,00	212,00	10332	10332	-4254	-3626	814	1458
17	3,20	219,46	11265	11265	-4889	-4121	924	1691
18	3,40	226,93	12228	12228	-5573	-4639	1042	1946
19	3,60	234,40	13222	13222	-6308	-5177	1168	2223
20	3,80	241,86	14247	14247	-7093	-5735	1300	2521
21	4,00	249,33	15302	15302	-7929	-6310	1439	2838

### Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00
2	0,20	107,47	3,04	5	273	6	11,00	99,90
3	0,40	114,93	6,04	11	634	26	11,00	99,90
4	0,60	122,40	9,04	18	1091	60	11,00	99,90
5	0,80	129,87	12,03	24	1649	109	11,00	99,90
6	1,00	137,33	15,01	32	2313	174	11,00	99,90
7	1,20	144,80	17,96	39	3090	256	11,00	99,90
8	1,40	152,27	20,83	47	3990	355	11,00	99,90
9	1,60	159,73	23,66	54	5022	473	10,92	10,58
10	1,80	167,20	26,40	61	6195	617	10,56	10,00
11	2,00	174,66	29,05	69	7525	801	9,99	9,37
12	2,20	182,13	31,62	76	9029	1038	9,35	8,67
13	2,40	189,60	34,11	83	10724	1344	8,71	7,97
14	2,60	197,06	36,53	90	12627	1732	8,11	7,28
15	2,80	204,53	38,88	97	14754	2217	7,57	6,65
16	3,00	212,00	41,17	104	17131	2813	7,09	6,09
17	3,20	219,46	43,40	111	19767	3534	6,66	5,59
18	3,40	226,93	45,58	118	22677	4394	6,28	5,16
19	3,60	234,40	47,70	124	25875	5408	5,95	4,78
20	3,80	241,86	49,78	131	29379	6590	5,65	4,46
21	4,00	249,33	51,82	137	33199	7954	5,39	4,17

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	SERTEC FACILITY MANAGEMENT S.R.L.
Licenza	AIU3379LU

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---

## **CASO 2: Livello falda a monte della scogliera a 3.50 m dal piano d'imposta della fondazione, falda a valle della scogliera assente**

### Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

## Calcolo della spinta sul muro

### Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

### Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

### Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta  $\varepsilon$  l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e  $\beta$  l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta  $S'$  considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove  $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$  essendo  $k_h$  il coefficiente sismico orizzontale e  $k_v$  il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di  $k_h$ .

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente  $A$  vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente  $A$  si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di  $\theta$ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente  $A$  viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove  $W$  è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi. Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

## Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante  $M_r$ ) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante  $M_s$ ) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto  $M_s/M_r$  sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_r$ . Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare  $\eta_r \geq 1.0$ .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante  $M_r$  è dato dalla componente orizzontale della spinta  $S$ , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro  $\delta$  è positivo, ribaltante se  $\delta$  è negativo.  $\delta$  è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

## Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento  $F_r$  e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro  $F_s$  risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza  $\eta_s$ . Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella  $F_s$  sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta  $N$  la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con  $\delta_f$  l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con  $c_a$  l'adesione terreno-fondazione e con  $B_f$  la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione,  $\delta_f$ , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di  $\delta_f$  pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

## Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a  $\eta_q$ . Cioè, detto  $Q_u$ , il carico limite ed  $R$  la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_q \geq 1.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

c	coesione del terreno in fondazione;
$\phi$	angolo di attrito del terreno in fondazione;
$\gamma$	peso di volume del terreno in fondazione;
B	larghezza della fondazione;
D	profondità del piano di posa;
q	pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

#### Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \quad \text{per } \phi > 0$$

#### Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\circ$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^\circ \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

## Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\eta_g$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare  $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left( \frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \operatorname{tg} \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ( $l_i = b_i / \cos \alpha_i$ ).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## Normativa

### N.T.C. 2018

#### Simbologia adottata

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_\gamma$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,50	1,30	1,50	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,25	1,25	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,25	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,40	1,40	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,60	1,60	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00	1,00	1,00

#### Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

##### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1,00	1,00	1,00	1,50

##### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_c$		1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1,00	1,00	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$		1,00	1,00	1,00	1,00

### FONDAZIONE SUPERFICIALE

#### Coefficienti parziali $\gamma_R$ per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

##### Verifica

	R1	Coefficienti parziali	
		R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

## Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a gravità in pietrame
Altezza del paramento	4,00 [m]
Spessore in sommità	1,00 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	2,49 [m]
Inclinazione paramento esterno	28,00 [°]
Inclinazione paramento interno	-9,00 [°]
Lunghezza del muro	14,00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	2,99 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,00 [m]
Spessore magrone	0,00 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

<i>Pietrame</i>	
Peso specifico	2300,0 [kg/mc]
Tensione ammissibile a compressione $\sigma_c$	3000 [kPa]
Angolo di attrito interno $\phi_p$	45,00 [°]
Resistenza a taglio $\tau_p$	0 [kPa]

## Geometria profilo terreno a monte del muro

### *Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto  
 X ascissa del punto espressa in [m]  
 Y ordinata del punto espressa in [m]  
 A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	2,00	0,00	0,00
2	6,00	0,00	0,00
3	15,00	0,00	0,00

## Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,70	[m]

## Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione 3,50 [m]

## Descrizione terreni

### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
$c_u$	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c	$c_a$
Terreno 1	1800	1900	35.00	23.33	5,0	2,5
Terreno 2	1800	2100	35.00	23.33	0,0	0,0

## Stratigrafia

### Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	20,00	0,00	10,04	0,00	Terreno 1

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\Psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

#### Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

#### Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	$\gamma$	$\Psi$	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Rara (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 - Quasi Permanente (SLE)

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 - Rara (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 - Rara (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b><math>\Psi</math></b>	<b><math>\gamma * \Psi</math></b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b>γ</b>	<b>Ψ</b>	<b>γ * Ψ</b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 21 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. positivo

	<b>S/F</b>	<b>γ</b>	<b>Ψ</b>	<b>γ * Ψ</b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 22 - Quasi Permanente (SLE) - Sisma Vert. negativo

	<b>S/F</b>	<b>γ</b>	<b>Ψ</b>	<b>γ * Ψ</b>
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

## Impostazioni di analisi

Calcolo della portanza                      metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su  $N_{\gamma}$  per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

### Impostazioni avanzate

Influenza della falda a valle sia come peso sia come spinta da valle

Terreno a monte a elevata permeabilità

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS<sub>SCO</sub></i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS<sub>RIB</sub></i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS<sub>QLM</sub></i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS<sub>STAB</sub></i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sisma</b>	<b>CS<sub>SCO</sub></b>	<b>CS<sub>RIB</sub></b>	<b>CS<sub>QLM</sub></b>	<b>CS<sub>STAB</sub></b>
1	A1-M1 - [1]	--	1,12	--	10,56	--
2	EQU - [1]	--	--	4,25	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,82
4	A1-M1 - [2]	--	1,12	--	10,56	--
5	EQU - [2]	--	--	4,25	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,82
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1,07	--	10,16	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1,01	--	10,68	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3,09	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	2,48	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1,93
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1,91
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1,07	--	10,16	--
14	SLER - [2]	--	1,52	--	12,61	--
15	SLEF - [2]	--	1,52	--	12,61	--
16	SLEQ - [2]	--	1,52	--	12,61	--
17	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,26	--	11,40	--
18	SLER - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,23	--	11,74	--
19	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,26	--	11,40	--
20	SLEF - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,23	--	11,74	--
21	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1,26	--	11,40	--
22	SLEQ - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1,23	--	11,74	--

## Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :  
 Origine in testa al muro (spigolo di monte)  
 Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte  
 Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto  
 Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle  
 Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

### Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

### Sisma

#### Identificazione del sito

Latitudine	44.824537
Longitudine	7.306574
Comune	Bricherasio
Provincia	Torino
Regione	Piemonte
Punti di interpolazione del reticolo	14675 - 14897 - 14898 - 14676

#### Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento	50 anni

#### Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g$	1.30 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.80
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 9.09$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.55$

#### Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo $a_g$	0.51 [m/s <sup>2</sup> ]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.80
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ )	0.47
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.44$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.22$

Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico
------------------------------------	--------------------------------

Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0
Lunghezza del muro	14,00 [m]

Peso muro	22953,77 [kg]
Baricentro del muro	X=-1,54 Y=-2,95

#### Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = -0,63 Y = -5,00
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,00 Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	5,00 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	-7,22 [°]

#### COMBINAZIONE n° 1

#### **Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	2111,73 [kg]
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78 [kg]

Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -3,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]		

Spinta falda	7962,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9991,28	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24109,99	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24109,99	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9991,28	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,14	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	26098,22	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,51	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3354,42	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	254653,24	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	56,96	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	101,02	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,56$	$i_q = 0,56$	$i_\gamma = 0,13$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 31.60$	$N'_q = 20.77$	$N'_\gamma = 5.25$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.56

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-17	0	--	5	--	--	99,90	--
3	0,40	114,93	981	-71	0	--	12	--	--	99,90	--
4	0,60	122,40	1517	-163	0	--	19	--	--	99,90	--
5	0,80	129,87	2084	-296	0	--	26	--	--	99,90	--
6	1,00	137,33	2681	-472	0	--	34	--	--	66811,95	--
7	1,20	144,80	3309	-693	2	--	42	--	--	1564,17	--
8	1,40	152,27	3967	-962	14	--	50	--	--	281,81	--
9	1,60	159,73	4656	-1277	47	--	58	--	--	99,41	--
10	1,80	167,20	5376	-1633	136	--	66	--	--	39,64	--
11	2,00	174,66	6125	-2020	285	--	74	--	--	21,50	--
12	2,20	182,13	6906	-2429	495	--	81	--	--	13,96	--
13	2,40	189,60	7717	-2849	765	--	87	--	--	10,09	--
14	2,60	197,06	8558	-3272	1096	--	93	--	--	7,81	--

15	2,80	204,53	9430	-3688	1487	--	98	--	--	6,34	--
16	3,00	212,00	10332	-4086	1938	--	102	--	--	5,33	--
17	3,20	219,46	11265	-4457	2450	--	105	--	--	4,60	--
18	3,40	226,93	12228	-4792	3023	--	108	--	--	4,05	--
19	3,60	234,40	13222	-5080	3655	--	110	--	--	3,62	--
20	3,80	241,86	14247	-5312	4349	--	111	--	--	3,28	--
21	4,00	249,33	15302	-5479	5101	--	112	--	--	3,00	--

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]									
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]									
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]						Y = -3,60	[m]		
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]									
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]									
Spinta falda	7962,50	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]						Y = -3,83	[m]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]									
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]						Y = -3,00	[m]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9991,28	[kg]									
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24109,99	[kg]									
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	12126,70	[kgm]									
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	51565,34	[kgm]									
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24109,99	[kg]									
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9991,28	[kg]									
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,14	[m]									
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]									
Risultante in fondazione	26098,22	[kg]									
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,51	[°]									
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3354,42	[kgm]									

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.25										
--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 2

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	3,64	--	273	0	--	99,90
3	0,40	114,93	--	--	--	7,21	--	634	0	--	99,90
4	0,60	122,40	--	--	--	10,72	--	1091	0	--	99,90
5	0,80	129,87	--	--	--	14,18	--	1649	0	--	99,90
6	1,00	137,33	--	--	--	17,60	--	2313	0	--	99,90
7	1,20	144,80	--	--	--	20,96	--	3090	0	--	23153,48
8	1,40	152,27	--	--	--	24,25	--	3990	2	--	2626,25
9	1,60	159,73	--	--	--	27,42	--	5021	7	--	720,55
10	1,80	167,20	--	--	--	30,37	--	6189	24	--	255,70
11	2,00	174,66	--	--	--	32,98	--	7498	65	--	114,90
12	2,20	182,13	--	--	--	35,17	--	8955	142	--	62,96
13	2,40	189,60	--	--	--	36,93	--	10566	267	--	39,55
14	2,60	197,06	--	--	--	38,24	--	12339	452	--	27,28
15	2,80	204,53	--	--	--	39,11	--	14278	709	--	20,12
16	3,00	212,00	--	--	--	39,55	--	16392	1051	--	15,60
17	3,20	219,46	--	--	--	39,57	--	18685	1489	--	12,55

18	3,40	226,93	--	--	--	39,19	--	21165	2035	--	10,40
19	3,60	234,40	--	--	--	38,42	--	23838	2702	--	8,82
20	3,80	241,86	--	--	--	37,29	--	26710	3501	--	7,63
21	4,00	249,33	--	--	--	35,81	--	29787	4445	--	6,70

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,63 Y[m]= 0,38

Raggio del cerchio R[m]= 5,74

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,09

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.82

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	646,12	77.08	629,75	1,81	29.26	4	0
2	1615,06	63.51	1445,45	0,91	29.26	4	7
3	2155,17	55.39	1773,80	0,71	29.26	4	13
4	2559,91	48.75	1924,55	0,62	29.26	4	19
5	2883,41	42.91	1963,00	0,55	29.26	4	23
6	3148,99	37.58	1920,51	0,51	29.26	4	26
7	3369,32	32.62	1816,14	0,48	29.26	4	29
8	3583,55	27.92	1677,81	0,46	29.26	4	31
9	4019,40	23.42	1597,29	0,44	29.26	4	0
10	4647,57	19.06	1517,91	0,43	29.26	4	0
11	4491,38	14.82	1148,99	0,42	29.26	4	0
12	3849,67	10.66	712,37	0,41	29.26	4	0
13	3182,84	6.56	363,72	0,41	29.26	4	0
14	2494,57	2.49	108,53	0,41	29.26	4	0
15	1879,90	-1.56	-51,25	0,41	29.26	4	0
16	1692,37	-5.63	-165,91	0,41	29.26	4	0
17	1555,98	-9.72	-262,66	0,41	29.26	4	0
18	1379,04	-13.86	-330,39	0,42	29.26	4	0
19	1294,15	-18.08	-401,65	0,43	29.26	4	0
20	1184,75	-22.40	-451,57	0,44	29.26	4	0
21	1048,67	-26.87	-473,95	0,45	29.26	4	0
22	882,83	-31.52	-461,52	0,48	29.26	4	0
23	682,79	-36.41	-405,31	0,50	29.26	4	0
24	441,87	-41.64	-293,63	0,54	29.26	4	0
25	149,43	-47.35	-109,90	0,60	29.26	4	0

$\Sigma W_i = 54838,73$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 15192,08$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 26708,70$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5571,93$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 4

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]

Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]	Y = -3,60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]		
Spinta falda	7962,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
<b>Risultanti</b>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9991,28	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24109,99	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24109,99	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9991,28	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,14	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	26098,22	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,51	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3354,42	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	254653,24	[kg]		
<b>Tensioni sul terreno</b>				
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	56,96	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	101,02	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,56$	$i_q = 0,56$	$i_\gamma = 0,13$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 31.60$	$N'_q = 20.77$	$N'_\gamma = 5.25$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.56

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 4**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-17	0	--	5	--	--	99,90	--
3	0,40	114,93	981	-71	0	--	12	--	--	99,90	--
4	0,60	122,40	1517	-163	0	--	19	--	--	99,90	--
5	0,80	129,87	2084	-296	0	--	26	--	--	99,90	--
6	1,00	137,33	2681	-472	0	--	34	--	--	66811,95	--
7	1,20	144,80	3309	-693	2	--	42	--	--	1564,17	--
8	1,40	152,27	3967	-962	14	--	50	--	--	281,81	--
9	1,60	159,73	4656	-1277	47	--	58	--	--	99,41	--
10	1,80	167,20	5376	-1633	136	--	66	--	--	39,64	--
11	2,00	174,66	6125	-2020	285	--	74	--	--	21,50	--
12	2,20	182,13	6906	-2429	495	--	81	--	--	13,96	--
13	2,40	189,60	7717	-2849	765	--	87	--	--	10,09	--
14	2,60	197,06	8558	-3272	1096	--	93	--	--	7,81	--
15	2,80	204,53	9430	-3688	1487	--	98	--	--	6,34	--

16	3,00	212,00	10332	-4086	1938	--	102	--	--	5,33	--
17	3,20	219,46	11265	-4457	2450	--	105	--	--	4,60	--
18	3,40	226,93	12228	-4792	3023	--	108	--	--	4,05	--
19	3,60	234,40	13222	-5080	3655	--	110	--	--	3,62	--
20	3,80	241,86	14247	-5312	4349	--	111	--	--	3,28	--
21	4,00	249,33	15302	-5479	5101	--	112	--	--	3,00	--

**COMBINAZIONE n° 5**

Valore della spinta statica	2111,73	[kg]									
Componente orizzontale della spinta statica	2028,78	[kg]									
Componente verticale della spinta statica	586,04	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,46	[m]						Y = -3,60		[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]									
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	57,88	[°]									
Spinta falda	7962,50	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]						Y = -3,83		[m]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]									
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]						Y = -3,00		[m]	

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9991,28	[kg]									
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24109,99	[kg]									
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	12126,70	[kgm]									
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	51565,34	[kgm]									
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24109,99	[kg]									
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9991,28	[kg]									
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,14	[m]									
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]									
Risultante in fondazione	26098,22	[kg]									
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22,51	[°]									
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3354,42	[kgm]									

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	4.25
--	------

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 5**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	3,64	--	273	0	--	99,90
3	0,40	114,93	--	--	--	7,21	--	634	0	--	99,90
4	0,60	122,40	--	--	--	10,72	--	1091	0	--	99,90
5	0,80	129,87	--	--	--	14,18	--	1649	0	--	99,90
6	1,00	137,33	--	--	--	17,60	--	2313	0	--	99,90
7	1,20	144,80	--	--	--	20,96	--	3090	0	--	23153,48
8	1,40	152,27	--	--	--	24,25	--	3990	2	--	2626,25
9	1,60	159,73	--	--	--	27,42	--	5021	7	--	720,55
10	1,80	167,20	--	--	--	30,37	--	6189	24	--	255,70
11	2,00	174,66	--	--	--	32,98	--	7498	65	--	114,90
12	2,20	182,13	--	--	--	35,17	--	8955	142	--	62,96
13	2,40	189,60	--	--	--	36,93	--	10566	267	--	39,55
14	2,60	197,06	--	--	--	38,24	--	12339	452	--	27,28
15	2,80	204,53	--	--	--	39,11	--	14278	709	--	20,12
16	3,00	212,00	--	--	--	39,55	--	16392	1051	--	15,60
17	3,20	219,46	--	--	--	39,57	--	18685	1489	--	12,55
18	3,40	226,93	--	--	--	39,19	--	21165	2035	--	10,40

19	3,60	234,40	--	--	--	38,42	--	23838	2702	--	8,82
20	3,80	241,86	--	--	--	37,29	--	26710	3501	--	7,63
21	4,00	249,33	--	--	--	35,81	--	29787	4445	--	6,70

## Stabilità globale muro + terreno

### Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

### Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

### Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,63 Y[m]= 0,38

Raggio del cerchio R[m]= 5,74

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,09

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.82

Le strisce sono numerate da monte verso valle

### Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin $\alpha$	b/cos $\alpha$	$\phi$	c	u
1	646,12	77.08	629,75	1,81	29,26	4	0
2	1615,06	63.51	1445,45	0,91	29,26	4	7
3	2155,17	55.39	1773,80	0,71	29,26	4	13
4	2559,91	48.75	1924,55	0,62	29,26	4	19
5	2883,41	42.91	1963,00	0,55	29,26	4	23
6	3148,99	37.58	1920,51	0,51	29,26	4	26
7	3369,32	32.62	1816,14	0,48	29,26	4	29
8	3583,55	27.92	1677,81	0,46	29,26	4	31
9	4019,40	23.42	1597,29	0,44	29,26	4	0
10	4647,57	19.06	1517,91	0,43	29,26	4	0
11	4491,38	14.82	1148,99	0,42	29,26	4	0
12	3849,67	10.66	712,37	0,41	29,26	4	0
13	3182,84	6.56	363,72	0,41	29,26	4	0
14	2494,57	2.49	108,53	0,41	29,26	4	0
15	1879,90	-1.56	-51,25	0,41	29,26	4	0
16	1692,37	-5.63	-165,91	0,41	29,26	4	0
17	1555,98	-9.72	-262,66	0,41	29,26	4	0
18	1379,04	-13.86	-330,39	0,42	29,26	4	0
19	1294,15	-18.08	-401,65	0,43	29,26	4	0
20	1184,75	-22.40	-451,57	0,44	29,26	4	0
21	1048,67	-26.87	-473,95	0,45	29,26	4	0
22	882,83	-31.52	-461,52	0,48	29,26	4	0
23	682,79	-36.41	-405,31	0,50	29,26	4	0
24	441,87	-41.64	-293,63	0,54	29,26	4	0
25	149,43	-47.35	-109,90	0,60	29,26	4	0

$\Sigma W_i = 54838,73$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 15192,08$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 26708,70$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5571,93$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		

Incremento sismico della spinta	1612,63	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,76	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	2087,16	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1043,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	25,92	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10960,16	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25372,27	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25372,27	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10960,16	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,06	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	27638,33	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,36	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1605,53	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	257789,79	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	72,58	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	93,67	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46,12$	$N_q = 33,30$	$N_\gamma = 37,15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,55$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,11$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 30,80$	$N'_q = 20,24$	$N'_\gamma = 4,56$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,07
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10,16

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-968	431	--	51	--	--	10,79	--
10	1,80	167,20	5376	-1244	554	--	58	--	--	9,71	--

11	2,00	174,66	6125	-1544	738	--	64	--	--	8,30	--
12	2,20	182,13	6906	-1859	984	--	70	--	--	7,02	--
13	2,40	189,60	7717	-2178	1291	--	76	--	--	5,98	--
14	2,60	197,06	8558	-2492	1660	--	80	--	--	5,16	--
15	2,80	204,53	9430	-2791	2090	--	84	--	--	4,51	--
16	3,00	212,00	10332	-3064	2583	--	88	--	--	4,00	--
17	3,20	219,46	11265	-3302	3136	--	91	--	--	3,59	--
18	3,40	226,93	12228	-3495	3751	--	93	--	--	3,26	--
19	3,60	234,40	13222	-3634	4428	--	94	--	--	2,99	--
20	3,80	241,86	14247	-3707	5166	--	95	--	--	2,76	--
21	4,00	249,33	15302	-3705	5963	--	95	--	--	2,57	--

**COMBINAZIONE n° 8**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]									
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]									
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]						Y = -3,77		[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]									
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]									

Incremento sismico della spinta	1334,94	[kg]									
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]						Y = -3,77		[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,38	[°]									

Spinta falda	6125,00	[kg]									
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]						Y = -3,83		[m]	

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]									
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]						Y = -3,00		[m]	
Inerzia del muro	2087,16	[kg]									
Inerzia verticale del muro	-1043,58	[kg]									
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]									
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-25,92	[kg]									

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10693,38	[kg]									
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23156,20	[kg]									
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23156,20	[kg]									
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10693,38	[kg]									
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,02	[m]									
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]									
Risultante in fondazione	25506,04	[kg]									
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	24,79	[°]									
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-487,35	[kgm]									
Carico ultimo della fondazione	247373,40	[kg]									

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]									
Tensione terreno allo spigolo di valle	72,67	[kPa]									
Tensione terreno allo spigolo di monte	79,07	[kPa]									

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,53$	$i_q = 0,53$	$i_\gamma = 0,09$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 29.50$	$N'_q = 19.39$	$N'_\gamma = 3.51$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.01
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.68

Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

**Combinazione n° 8**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-968	431	--	51	--	--	10,80	--
10	1,80	167,20	5376	-1244	552	--	58	--	--	9,75	--
11	2,00	174,66	6125	-1545	732	--	64	--	--	8,37	--
12	2,20	182,13	6906	-1862	971	--	70	--	--	7,11	--
13	2,40	189,60	7717	-2184	1270	--	76	--	--	6,08	--
14	2,60	197,06	8558	-2504	1628	--	81	--	--	5,26	--
15	2,80	204,53	9430	-2810	2046	--	85	--	--	4,61	--
16	3,00	212,00	10332	-3094	2522	--	88	--	--	4,10	--
17	3,20	219,46	11265	-3346	3059	--	91	--	--	3,68	--
18	3,40	226,93	12228	-3556	3655	--	93	--	--	3,35	--
19	3,60	234,40	13222	-3716	4310	--	95	--	--	3,07	--
20	3,80	241,86	14247	-3815	5024	--	96	--	--	2,84	--
21	4,00	249,33	15302	-3845	5795	--	97	--	--	2,64	--

**COMBINAZIONE n° 9**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	2680,78	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	48,13	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	3130,74	[kgm]		
Inerzia verticale del muro	1565,37	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	77,77	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	38,88	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13055,86	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	26203,45	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	18292,84	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	56483,03	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	26203,45	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13055,86	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,04	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	29275,87	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	26,48	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	1027,20	[kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	3.09
--	------

## Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

Combinazione n° 9

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	2,29	--	273	6	--	42,52
3	0,40	114,93	--	--	--	4,54	--	634	26	--	24,21
4	0,60	122,40	--	--	--	6,76	--	1091	60	--	18,12
5	0,80	129,87	--	--	--	8,94	--	1649	109	--	15,09
6	1,00	137,33	--	--	--	11,10	--	2313	174	--	13,28
7	1,20	144,80	--	--	--	13,23	--	3089	256	--	12,08
8	1,40	152,27	--	--	--	15,34	--	3984	355	--	11,22
9	1,60	159,73	--	--	--	17,41	--	5005	473	--	10,58
10	1,80	167,20	--	--	--	19,35	--	6165	617	--	9,99
11	2,00	174,66	--	--	--	20,97	--	7477	801	--	9,34
12	2,20	182,13	--	--	--	22,20	--	8947	1038	--	8,62
13	2,40	189,60	--	--	--	22,97	--	10583	1344	--	7,87
14	2,60	197,06	--	--	--	23,28	--	12394	1732	--	7,16
15	2,80	204,53	--	--	--	23,12	--	14386	2217	--	6,49
16	3,00	212,00	--	--	--	22,49	--	16569	2813	--	5,89
17	3,20	219,46	--	--	--	21,41	--	18949	3534	--	5,36
18	3,40	226,93	--	--	--	19,89	--	21534	4394	--	4,90
19	3,60	234,40	--	--	--	17,95	--	24332	5408	--	4,50
20	3,80	241,86	--	--	--	15,61	--	27351	6590	--	4,15
21	4,00	249,33	--	--	--	12,88	--	30595	7954	--	3,85

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	2298,53	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,94	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	3130,74	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-1565,37	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	77,77	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-38,88	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12688,62	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	22888,86	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	21231,71	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	52759,12	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	22888,86	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12688,62	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,12	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	26170,62	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	29,00	[°]

Momento rispetto al baricentro della fondazione 2729,21 [kgm]

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento 2.48

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 10**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H altezza della sezione espressa in [cm]  
 N sforzo normale [kg]  
 M momento flettente [kgm]  
 T taglio [kg]  
 e eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]  
 $\sigma_p$  tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]  
 Ms momento stabilizzante [kgm]  
 Mr momento ribaltante [kgm]  
 Cs coeff. di sicurezza allo scorrimento  
 Cr coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	--	--	--	0,00	--	0	0	--	0,00
2	0,20	107,47	--	--	--	2,29	--	273	6	--	42,52
3	0,40	114,93	--	--	--	4,54	--	634	26	--	24,21
4	0,60	122,40	--	--	--	6,76	--	1091	60	--	18,12
5	0,80	129,87	--	--	--	8,94	--	1649	109	--	15,09
6	1,00	137,33	--	--	--	11,10	--	2313	174	--	13,28
7	1,20	144,80	--	--	--	13,23	--	3089	256	--	12,08
8	1,40	152,27	--	--	--	15,34	--	3984	355	--	11,22
9	1,60	159,73	--	--	--	17,41	--	5004	473	--	10,58
10	1,80	167,20	--	--	--	19,35	--	6164	617	--	10,00
11	2,00	174,66	--	--	--	21,00	--	7472	799	--	9,35
12	2,20	182,13	--	--	--	22,26	--	8937	1034	--	8,64
13	2,40	189,60	--	--	--	23,09	--	10566	1335	--	7,91
14	2,60	197,06	--	--	--	23,47	--	12367	1716	--	7,21
15	2,80	204,53	--	--	--	23,41	--	14347	2190	--	6,55
16	3,00	212,00	--	--	--	22,90	--	16514	2771	--	5,96
17	3,20	219,46	--	--	--	21,96	--	18876	3473	--	5,44
18	3,40	226,93	--	--	--	20,60	--	21439	4309	--	4,98
19	3,60	234,40	--	--	--	18,83	--	24213	5292	--	4,57
20	3,80	241,86	--	--	--	16,68	--	27203	6438	--	4,23
21	4,00	249,33	--	--	--	14,16	--	30414	7758	--	3,92

**Stabilità globale muro + terreno****Combinazione n° 11**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kg]  
 $\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
 $\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
 b larghezza della striscia espressa in [m]  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

**Metodo di Fellenius**

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

**Cerchio critico**

Coordinate del centro X[m]= -2,63 Y[m]= 0,38

Raggio del cerchio R[m]= 5,74

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,09

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.93

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	646,12	77.08	629,75	1,81	35.00	5	0
2	1615,06	63.51	1445,45	0,91	35.00	5	7
3	2155,17	55.39	1773,80	0,71	35.00	5	13
4	2559,91	48.75	1924,55	0,62	35.00	5	19
5	2883,41	42.91	1963,00	0,55	35.00	5	23
6	3148,99	37.58	1920,51	0,51	35.00	5	26
7	3369,32	32.62	1816,14	0,48	35.00	5	29
8	3583,55	27.92	1677,81	0,46	35.00	5	31
9	4019,40	23.42	1597,29	0,44	35.00	5	0
10	4647,57	19.06	1517,91	0,43	35.00	5	0
11	4491,38	14.82	1148,99	0,42	35.00	5	0
12	3849,67	10.66	712,37	0,41	35.00	5	0
13	3182,84	6.56	363,72	0,41	35.00	5	0
14	2494,57	2.49	108,53	0,41	35.00	5	0
15	1879,90	-1.56	-51,25	0,41	35.00	5	0
16	1692,37	-5.63	-165,91	0,41	35.00	5	0
17	1555,98	-9.72	-262,66	0,41	35.00	5	0
18	1379,04	-13.86	-330,39	0,42	35.00	5	0
19	1294,15	-18.08	-401,65	0,43	35.00	5	0
20	1184,75	-22.40	-451,57	0,44	35.00	5	0
21	1048,67	-26.87	-473,95	0,45	35.00	5	0
22	882,83	-31.52	-461,52	0,48	35.00	5	0
23	682,79	-36.41	-405,31	0,50	35.00	5	0
24	441,87	-41.64	-293,63	0,54	35.00	5	0
25	149,43	-47.35	-109,90	0,60	35.00	5	0

$\Sigma W_i = 54838,73$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 15192,08$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 33385,88$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 6964,91$  [kg]

## Stabilità globale muro + terreno

## Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
$\alpha$	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [ $^{\circ}$ ] (positivo antiorario)
$\phi$	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

## Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

## Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,63 Y[m]= 0,38

Raggio del cerchio R[m]= 5,74

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -7,05

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 3,09

Larghezza della striscia dx[m]= 0,41

Coefficiente di sicurezza C= 1.91

Le strisce sono numerate da monte verso valle

## Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	$b/\cos\alpha$	$\phi$	c	u
1	646,12	77.08	629,75	1,81	35.00	5	0
2	1615,06	63.51	1445,45	0,91	35.00	5	7
3	2155,17	55.39	1773,80	0,71	35.00	5	13
4	2559,91	48.75	1924,55	0,62	35.00	5	19
5	2883,41	42.91	1963,00	0,55	35.00	5	23
6	3148,99	37.58	1920,51	0,51	35.00	5	26
7	3369,32	32.62	1816,14	0,48	35.00	5	29
8	3583,55	27.92	1677,81	0,46	35.00	5	31
9	4019,40	23.42	1597,29	0,44	35.00	5	0
10	4647,57	19.06	1517,91	0,43	35.00	5	0

11	4491,38	14.82	1148,99	0,42	35.00	5	0
12	3849,67	10.66	712,37	0,41	35.00	5	0
13	3182,84	6.56	363,72	0,41	35.00	5	0
14	2494,57	2.49	108,53	0,41	35.00	5	0
15	1879,90	-1.56	-51,25	0,41	35.00	5	0
16	1692,37	-5.63	-165,91	0,41	35.00	5	0
17	1555,98	-9.72	-262,66	0,41	35.00	5	0
18	1379,04	-13.86	-330,39	0,42	35.00	5	0
19	1294,15	-18.08	-401,65	0,43	35.00	5	0
20	1184,75	-22.40	-451,57	0,44	35.00	5	0
21	1048,67	-26.87	-473,95	0,45	35.00	5	0
22	882,83	-31.52	-461,52	0,48	35.00	5	0
23	682,79	-36.41	-405,31	0,50	35.00	5	0
24	441,87	-41.64	-293,63	0,54	35.00	5	0
25	149,43	-47.35	-109,90	0,60	35.00	5	0

$\Sigma W_i = 54838,73$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 15192,08$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 33385,88$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 6964,91$  [kg]

### COMBINAZIONE n° 13

#### Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	1612,63	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,76	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	2087,16	[kg]		
Inerzia verticale del muro	1043,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	51,85	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	25,92	[kg]		

#### Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10960,16	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	25372,27	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	25372,27	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10960,16	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,06	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	27638,33	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,36	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1605,53	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	257789,79	[kg]

#### Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	72,58	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	93,67	[kPa]

#### Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,55$	$i_q = 0,55$	$i_\gamma = 0,11$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 30.80$	$N'_q = 20.24$	$N'_\gamma = 4.56$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.07
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	10.16

**Sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni****Combinazione n° 13**

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro  
Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Nr.	Y	H	N	M	T	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0	0	0	--	0	--	--	0,00	--
2	0,20	107,47	475	-13	43	--	5	--	--	11,00	--
3	0,40	114,93	981	-53	89	--	11	--	--	11,00	--
4	0,60	122,40	1517	-123	138	--	17	--	--	11,00	--
5	0,80	129,87	2084	-223	190	--	24	--	--	11,00	--
6	1,00	137,33	2681	-356	244	--	30	--	--	11,00	--
7	1,20	144,80	3309	-523	301	--	37	--	--	11,00	--
8	1,40	152,27	3967	-727	361	--	44	--	--	11,00	--
9	1,60	159,73	4656	-968	431	--	51	--	--	10,79	--
10	1,80	167,20	5376	-1244	554	--	58	--	--	9,71	--
11	2,00	174,66	6125	-1544	738	--	64	--	--	8,30	--
12	2,20	182,13	6906	-1859	984	--	70	--	--	7,02	--
13	2,40	189,60	7717	-2178	1291	--	76	--	--	5,98	--
14	2,60	197,06	8558	-2492	1660	--	80	--	--	5,16	--
15	2,80	204,53	9430	-2791	2090	--	84	--	--	4,51	--
16	3,00	212,00	10332	-3064	2583	--	88	--	--	4,00	--
17	3,20	219,46	11265	-3302	3136	--	91	--	--	3,59	--
18	3,40	226,93	12228	-3495	3751	--	93	--	--	3,26	--
19	3,60	234,40	13222	-3634	4428	--	94	--	--	2,99	--
20	3,80	241,86	14247	-3707	5166	--	95	--	--	2,76	--
21	4,00	249,33	15302	-3705	5963	--	95	--	--	2,57	--

**COMBINAZIONE n° 14****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7271,87	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23855,24	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23855,24	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7271,87	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,27	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	24938,98	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,95	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6493,27	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	300787,69	[kg]

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	35,51	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	120,80	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,66$	$i_q = 0,66$	$i_\gamma = 0,27$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.01$	$N'_q = 24.33$	$N'_\gamma = 10.96$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.61

COMBINAZIONE n° 15**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	$X = -0,48$	[m]	$Y = -3,77$	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	$X = -0,63$	[m]	$Y = -3,83$	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	$X = -0,42$	[m]	$Y = -3,00$	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7271,87	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23855,24	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23855,24	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7271,87	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,27	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	24938,98	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,95	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6493,27	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	300787,69	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	35,51	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	120,80	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,66$	$i_q = 0,66$	$i_\gamma = 0,27$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.01$	$N'_q = 24.33$	$N'_\gamma = 10.96$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.61

**COMBINAZIONE n° 16****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		

Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	7271,87	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23855,24	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23855,24	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	7271,87	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,27	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	24938,98	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16,95	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-6493,27	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	300787,69	[kg]		

**Tensioni sul terreno**

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	35,51	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	120,80	[kPa]		

**Fattori per il calcolo della capacità portante**

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0.66$	$i_q = 0.66$	$i_\gamma = 0.27$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1.22$	$d_q = 1.11$	$d_\gamma = 1.11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 37.01$	$N'_q = 24.33$	$N'_\gamma = 10.96$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.52
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	12.61

**COMBINAZIONE n° 17****Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		

Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		

Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		

**Risultanti**

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8993,43	[kg]		
--	---------	------	--	--

Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24573,06	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24573,06	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8993,43	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	26167,10	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,10	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-4166,22	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	280157,80	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,15	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	107,87	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46,12$	$N_q = 33,30$	$N_\gamma = 37,15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,60$	$i_\gamma = 0,18$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 33,89$	$N'_q = 22,27$	$N'_\gamma = 7,47$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1,26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11,40

COMBINAZIONE n° 18**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8861,61	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23490,50	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23490,50	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8861,61	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Risultante in fondazione	25106,41	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,67	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3621,37	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	275671,11	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,18	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	100,74	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,17$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 33.34$	$N'_q = 21.91$	$N'_\gamma = 6.91$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.74

COMBINAZIONE n° 19**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		
<u>Risultanti</u>				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8993,43	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24573,06	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24573,06	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8993,43	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	26167,10	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,10	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-4166,22	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	280157,80	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,15	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	107,87	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,60$	$i_\gamma = 0,18$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 33.89$	$N'_q = 22.27$	$N'_\gamma = 7.47$

**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.40

COMBINAZIONE n° 20**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8861,61	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23490,50	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23490,50	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8861,61	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	25106,41	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,67	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3621,37	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	275671,11	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,18	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	100,74	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,17$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti $N'$ tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.	$N'_c = 33.34$	$N'_q = 21.91$	$N'_\gamma = 6.91$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.74

COMBINAZIONE n° 21**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	704,76	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,26	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	12,66	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8993,43	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	24573,06	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	24573,06	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8993,43	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,17	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	26167,10	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,10	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-4166,22	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	280157,80	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,15	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	107,87	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,60$	$i_q = 0,60$	$i_\gamma = 0,18$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 33.89$	$N'_q = 22.27$	$N'_\gamma = 7.47$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.26
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.40

COMBINAZIONE n° 22**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	1193,76	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	1146,87	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	331,29	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23,33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58,32	[°]		
Incremento sismico della spinta	567,55	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = -0,48	[m]	Y = -3,77	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	55,19	[°]		
Spinta falda	6125,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = -0,63	[m]	Y = -3,83	[m]
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	570,18	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = -0,42	[m]	Y = -3,00	[m]
Inerzia del muro	1019,17	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-509,58	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	25,32	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-12,66	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	8861,61	[kg]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	23490,50	[kg]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	23490,50	[kg]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	8861,61	[kg]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0,15	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]		
Risultante in fondazione	25106,41	[kg]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20,67	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-3621,37	[kgm]		
Carico ultimo della fondazione	275671,11	[kg]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2,99	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	53,18	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	100,74	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

<b>Coeff. capacità portante</b>	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
<b>Fattori forma</b>	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
<b>Fattori inclinazione</b>	$i_c = 0,59$	$i_q = 0,59$	$i_\gamma = 0,17$
<b>Fattori profondità</b>	$d_c = 1,22$	$d_q = 1,11$	$d_\gamma = 1,11$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 33.34$	$N'_q = 21.91$	$N'_\gamma = 6.91$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	11.74

## Inviluppo sollecitazioni nel muro e verifica delle sezioni

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Le verifiche sono effettuate assumendo una base della sezione B=100 cm

H	altezza della sezione espressa in [cm]
N	sforzo normale [kg]
M	momento flettente [kgm]
T	taglio [kg]
e	eccentricità dello sforzo rispetto al baricentro [cm]
$\sigma_p$	tensione di compressione massima nel pietrame in [kPa]
Ms	momento stabilizzante [kgm]
Mr	momento ribaltante [kgm]
Cs	coeff. di sicurezza allo scorrimento
Cr	coeff. di sicurezza al ribaltamento

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0,00	100,00	0	0	0	0	0	0
2	0,20	107,47	475	475	-17	-13	0	43
3	0,40	114,93	981	981	-71	-53	0	89
4	0,60	122,40	1517	1517	-163	-123	0	138
5	0,80	129,87	2084	2084	-296	-223	0	190
6	1,00	137,33	2681	2681	-472	-356	0	244
7	1,20	144,80	3309	3309	-693	-523	2	301
8	1,40	152,27	3967	3967	-962	-727	14	361
9	1,60	159,73	4656	4656	-1277	-968	47	431
10	1,80	167,20	5376	5376	-1633	-1244	136	554
11	2,00	174,66	6125	6125	-2020	-1544	285	738
12	2,20	182,13	6906	6906	-2429	-1859	495	984
13	2,40	189,60	7717	7717	-2849	-2178	765	1291
14	2,60	197,06	8558	8558	-3272	-2492	1096	1660
15	2,80	204,53	9430	9430	-3688	-2791	1487	2090
16	3,00	212,00	10332	10332	-4086	-3064	1938	2583
17	3,20	219,46	11265	11265	-4457	-3302	2450	3136
18	3,40	226,93	12228	12228	-4792	-3495	3023	3751
19	3,60	234,40	13222	13222	-5080	-3634	3655	4428
20	3,80	241,86	14247	14247	-5312	-3707	4349	5166
21	4,00	249,33	15302	15302	-5479	-3705	5101	5963

Inviluppo combinazioni SLU

Nr.	Y	H	e	$\sigma_p$	Ms	Mr	Cs	Cr
1	0,00	100,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00
2	0,20	107,47	3,64	5	273	6	11,00	99,90
3	0,40	114,93	7,21	12	634	26	11,00	99,90
4	0,60	122,40	10,72	19	1091	60	11,00	99,90
5	0,80	129,87	14,18	26	1649	109	11,00	99,90
6	1,00	137,33	17,60	34	2313	174	11,00	99,90
7	1,20	144,80	20,96	42	3090	256	11,00	99,90
8	1,40	152,27	24,29	50	3990	355	11,00	99,90
9	1,60	159,73	27,57	58	5021	473	10,79	10,58
10	1,80	167,20	30,72	66	6189	617	9,71	9,99

---

11	2,00	174,66	33,65	74	7498	801	8,30	9,34
12	2,20	182,13	36,27	81	8955	1038	7,02	8,62
13	2,40	189,60	38,57	87	10583	1344	5,98	7,87
14	2,60	197,06	40,52	93	12394	1732	5,16	7,16
15	2,80	204,53	42,14	98	14386	2217	4,51	6,49
16	3,00	212,00	43,42	102	16569	2813	4,00	5,89
17	3,20	219,46	44,37	105	18949	3534	3,59	5,36
18	3,40	226,93	45,00	108	21534	4394	3,26	4,90
19	3,60	234,40	45,33	110	24332	5408	2,99	4,50
20	3,80	241,86	45,37	111	27351	6590	2,76	4,15
21	4,00	249,33	45,13	112	30595	7954	2,57	3,85

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale
- Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	MAX - Analisi e Calcolo Muri di Sostegno
Versione	14.00
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	SERTEC FACILITY MANAGEMENT S.R.L.
Licenza	AIU3379LU

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista  
( )

---