Committente:

Funzione Ingegneria e Realizzazioni
**IRETI.S.p.A -** Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : Via Piacenza 54 - 16138 Genova
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

Oggetto:

# LAVORI DI RIPRISTINO DELLE OPERE DI DIFESA A MARE DEL DEPURATORE DI PUNTA PEDALE A SEGUITO DELLA MAREGGIATA DEL 29/30.10.2018 FASE II: SISTEMAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato:

# RELAZIONE GEOTECNICA

Progettisti:

**STUDIOELB Ingegneri Associati**
Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova Tel. 010.5740568 - fax : 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it - C.F. e P. I.V.A.: 01933110999

Firmato digitalmente da

**Riccardo Giammarini**

CN = Giammarini Riccardo
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Genova
T = Ingegnere
SerialNumber = TINIT-GMMRCR71H23D969X
C = IT

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| 0 | 10.10.2019 | ER | SC | RG | Emissione |
| Revisione | Data | Redatto da: | Verificato da: | Approvato da: | Descrizione |

| Data: | Scala: | |
|---|---|---|
| 10.10.2019 | - | B27–2 **R07** |

# SOMMARIO

**1. PREMESSA ..... 2**

**2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO ..... 3**

**3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO A PROGETTO ..... 3**

**4. INDAGINI GEOGNOSTICHE - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ..... 3**

**5. EFFETTI SISMICI ..... 5**

**6. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE ..... 6**

6.1 BREVE DESCRIZIONE DELL'OPERA ..... 6
6.2 APPROCCIO DI CALCOLO ..... 7
6.3 MODELLO DI CALCOLO ..... 8
6.4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI – ANALISI STATICA ..... 8
*6.4.1 Sezione 5 ..... 9*
*6.4.2 Sezione 6 ..... 10*
*6.4.3 Sezione 7 ..... 11*
*6.4.4 Sezione 8 ..... 12*
*6.4.5 Sezione 8.5 ..... 13*
*6.4.6 Sezione 9 ..... 14*
*6.4.7 Sezione 10 ..... 15*
6.5 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI – ANALISI SISMICA ..... 16
*6.5.1 Sezione 5 ..... 16*
*6.5.2 Sezione 6 ..... 17*
*6.5.3 Sezione 7 ..... 18*
*6.5.4 Sezione 8 ..... 19*
*6.5.5 Sezione 8.5 ..... 20*
*6.5.6 Sezione 9 ..... 21*
*6.5.7 Sezione 10 ..... 22*
6.6 CONCLUSIONI ..... 23
*6.6.1 Analisi statica ..... 23*
*6.6.2 Analisi sismica ..... 23*

# 1. PREMESSA

Nel presente documento, facente parte della presente progettazione esecutiva relativa al ripristino e potenziamento delle opere a mare (fase 2) sono riportate le verifiche di stabilità globale del terreno antistante la nuova scogliera nella configurazione di progetto.

Nel mese di novembre 2018 è stata avviata una prima fase in urgenza, finalizzata a consentire l'accesso alla parte esterna della struttura del depuratore per eseguire lavori di protezione della stessa, come descritto nel paragrafo successivo.

A completamento dei lavori della Fase 1, è stato redatto il presente progetto (fase 2) di ripristino e potenziamento delle opere di difesa a mare.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sottosuolo si è fatto riferimento alla "*Relazione geologica*" redatta dal dott. Geol. Roberto De Franchi con studio in Genova (GE).

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche di stabilità riportate nel presente elaborato sono eseguite in conformità alla normativa vigente e specificamente alle norme tecniche seguenti:

- D.M. 17.01.2018 – Nuove 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 decreto ministeriale 14 gennaio 2018.

## 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO A PROGETTO

Per la descrizione dettagliata degli interventi previsti a progetto si faccia riferimento all'elaborato "***R01*** – *Relazione generale*" facente parte della presente progettazione.

## 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno si è fatto riferimento alla "*Relazione geologica"* redatta dal dott. Geol. Roberto De Franchi con studio in Genova. Per la determinazione dei parametri geomeccanici caratteristici si è tenuto conto delle seguenti indagini geognostiche e geotecniche:

- indagini pregresse, risalenti al 2003 e al 2005, eseguite in occasione della progettazione dell'impianto di depurazione di Punte Pedale, consistenti in carotaggi e indagini sismiche a rifrazione e NASW;
- n.3 sondaggi a carotaggio continuo, posizionati a margine dell'impianto di depurazione, spinti sino alla profondità di 6.5-9 m rispetto al p.c. locale;
- n.4 prove penetrometriche in foro SPT;

Sulla base delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile realizzare un modello geologico costituito dai seguenti strati:

- un livello superficiale costituito prevalentemente da trovanti di grandi dimensioni intercalati in un materiale di riporto in ciottoli e ghiaia in matrice sabbioso limosa;
- un livello intermedio, presente nella parte più distale, rappresentato dai sedimenti marini, costituiti prevalentemente da sabbie limoso ghiaiose;
- un livello di base riferibile al substrato roccioso della formazione dei Calcari del M. Antola.

Di seguito si riportano i parametri geomeccanici caratteristici degli strati individuati (sono stati individuati i valori medi tra i range proposti nella relazione geologica).

**Strato 1**

| | |
|---|---|
| Angolo d'attrito interno: | 41° |
| Coesione: | 0 kPa |
| Peso di volume naturale: | 18,5 kN/m$^3$ |
| Peso di volume saturo: | 21,0kN/m$^3$ |

**Strato 2**

| | |
|---|---|
| Angolo d'attrito interno: | 31° |
| Coesione: | 0 kPa |
| Peso di volume saturo: | 19,5 kN/m$^3$ |

**Strato 3**

| | |
|---|---|
| Angolo d'attrito interno: | 40° |
| Coesione: | 150 kPa |
| Peso di volume: | 26 kN/m$^3$ |

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della presente progettazione, per alcune sezioni (sez.5 e sez.6), oltre al ripristino e potenziamento della scogliera nella parte sommitale dell'opera, è previsto un consolidamento al piede sempre mediante massi naturali.
Per tale opera di consolidamento si considera un terreno equivalente con i seguenti parametri geomeccanici caratteristici:

**Strato 4** (scogliera)

| | |
|---|---|
| Angolo d'attrito interno: | 45° |
| Coesione: | 0 kPa |
| Peso di volume: | 26 kN/m$^3$ |

## 5. EFFETTI SISMICI

L'analisi della sicurezza in condizioni sismiche viene eseguita mediante il metodo pseudostatico ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018, le verifiche sotto l'effetto delle azioni sismiche vengono eseguite nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Con riferimento alla "*Relazione* geologica" redatta dal Geol. De Franchi, di seguitosi riportano i seguenti parametri sismici (si considerano quelli relativi alla stabilità dei pendii naturali):

Caratteristiche del sito:

| | |
|---|---|
| - Coordinate (ED50) | lat. 44,322943°<br>long. 9,217402° |
| - Vita nominale dell'opera | $V_n$ = 50 anni |
| - Classe d'uso | II |
| - Coefficiente d'uso | Cu = 1 |
| - Periodo di riferimento | $V_r$ = 50 anni |
| - Tempo di ritorno | $T_r$ = 475 anni |
| - Accel. orizzontale max attesa sul sito di riferimento rigido | $a_g/g$ = 0,082 |
| - Valore max del fattore di amplificazione dello spettro acc. orizz. | $F_0$ = 2,563 |
| - Categoria del suolo | E |

Parametri sismici

| | |
|---|---|
| - Categoria topografica | T1 |
| - Coefficiente di amplificazione topografico (alla base pendio) | $S_T$ = 1,00 |
| - Coefficiente di amplificazione stratigrafico | $S_S$ = 1,60 |
| - Coefficiente $S = S_T \times S_S$ | S = 1,60 |
| - Accelerazione orizzontale massima attesa al sito | $a_{max}$ = 1,287 m/s$^2$ |
| - Coefficiente di riduzione accelerazione sismica | $\beta_s$ = 0,20 |
| - Coefficiente sismico orizzontale | $k_h$ = 0,0262 |
| - Coefficiente sismico verticale | $k_v$ = ±0,0131 |

# 6. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

In conformità con il *paragrafo 6.8* delle NTC 2018 e del *paragrafo C.6.8* della relativa circolare esplicativa, le analisi di stabilità globale sono state condotte sia nella condizione statica che nella condizione sismica utilizzando i parametri caratteristici dei terreni e i valori caratteristici dei carichi.

Con riferimento agli elaborati grafici facenti parte della presente progettazione sono state analizzate le seguenti sezioni trasversali:

- Sez.5
- Sez.6
- Sez.7
- Sez.8
- Sez.8,5
- Sez.9
- Sez.10

## 6.1 Breve descrizione dell'opera

L'intervento a progetto prevede essenzialmente il ripristino e il potenziamento delle opere a mare dell'impianto di depurazione di Punta Pedale. In particolare l'intervento prevede le seguenti opere:

- realizzazione di un'opportuna opera di protezione al piede, al fine di evitare rischi di scoscendimento lungo il rilevato;
- protezione adeguata dell'angolo sud dell'opera;
- innalzamento della quota della berma intermedia, in modo tale da consentire un primo frangimento delle onde sulla scogliera bassa per la maggior parte degli eventi;

La sezione tipologica di progetto risulta pertanto costituita come segue:

- berma superiore di lunghezza pari a 6 m a quota +7,30 m;
- scarpata di pendenza 2 su 3 fino alla quota di +3 m s.l.m.;
- berma orizzontale di lunghezza 14 m alla quota di +3 m s.l.m.;
- scarpata 1 su 2,5 fino ad incontrare il rilevato esistente, approssimativamente intorno alla batimetrica dei 5-6 m;
- per le sezioni tra la 5 e la 8 è altresì prevista una piccola opera di protezione al piede della scarpata;
- per le sezioni tra la 8 e la 9, dove è necessaria una maggiore protezione dello spigolo sud est del depuratore e dove i materiali presenti attualmente sul fondale sono in quantità inferiore, è

prevista un'ulteriore berma orizzontale di lunghezza pari a 4 m circa alla quota di -5 m s.l.m.m. e una scarpata di pendenza 2 su 3 fino al fondale naturale che risulta compreso tra i 15 m e i 20 m di profondità.

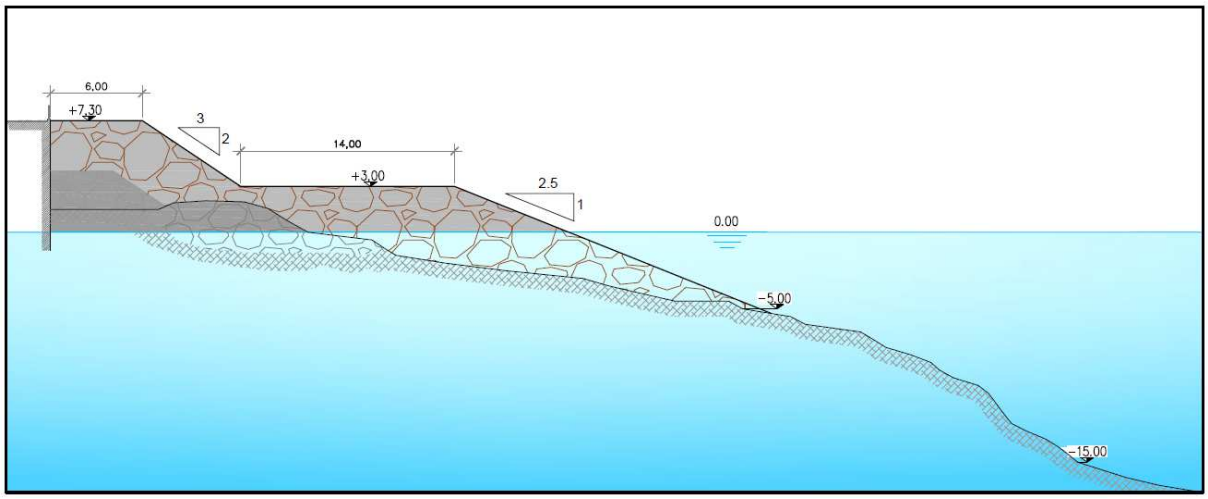



*Figura 1: Schematizzazione configurazione di progetto*

Per la realizzazione dell'intervento saranno utilizzati massi naturali come segue:

- massi naturali di IV categoria (oltre 7 t) con peso compreso tra 9 e 12 t per la mantellata esterna nei punti maggiormente esposti al moto ondoso come intorno al livello medio mare;
- massi naturali di IV categoria (oltre 7 t) con peso compreso tra 7 e 9 t per il piede della scogliera nell'angolo sud est;
- massi di II categoria (a 1 a 3 t) per lo strato interno della scogliera nella parte adiacente il depuratore.

## 6.2 Approccio di calcolo

Le verifiche di stabilità sono state condotte in conformità con il *paragrafo 6.3* delle NTC 2018, utilizzando i parametri geotecnici caratteristici ed i modello geotecnico desunto dalla relazione geologica.

La nuova scogliera a ripristino e a potenziamento di quella esistente è stata schematizzata come una serie di sovraccarichi verticali agenti lungo la superficie del terreno attuale, in modo tale da individuare le curve di scivolamento solamente relative alla morfologia attuale delle scarpate.

## 6.3 Modello di calcolo

Le verifiche sono state eseguite mediante il programma di calcolo "*Slide 6.039*" implementato da Rocscience Inc. Canada, che permette di calcolare il coefficiente di sicurezza per la stabilità dei pendii generando piani di scorrimento circolari ed effettuando analisi con i principali metodi analitici conosciuti: sono stati utilizzati nell'analisi i metodi di Janbu semplificato, Bishop semplificato e Spencer, che sono stati successivamente mediati fra loro.

Nella simulazione del modello vengono definiti:

- il profilo del terreno e dei piani di discontinuità stratigrafica;
- le caratteristiche geomeccaniche di ogni materiale costituente il modello, definite secondo la legge di Mohr-Coulomb;
- le caratteristiche della falda,
- il tipo di analisi che si vuole condurre,
- eventuali sovraccarichi;
- eventuali effetti sismici.

Dopo aver modellato il profilo vengono inseriti i parametri geomeccanici e la successiva assegnazione di questi a ciascun strato costituente la stratigrafia della sezione. La ricerca del coefficiente di sicurezza del pendio è subordinata ad una ponderata valutazione dell'effettiva stratificazione del terreno nonché alla corretta caratterizzazione geotecnica dello stesso.

Sulla base delle considerazione riportate sono stati definiti i modelli delle sezioni indagate. Nella figura seguente è riportata, a titolo esemplificativo, la sezione 6.

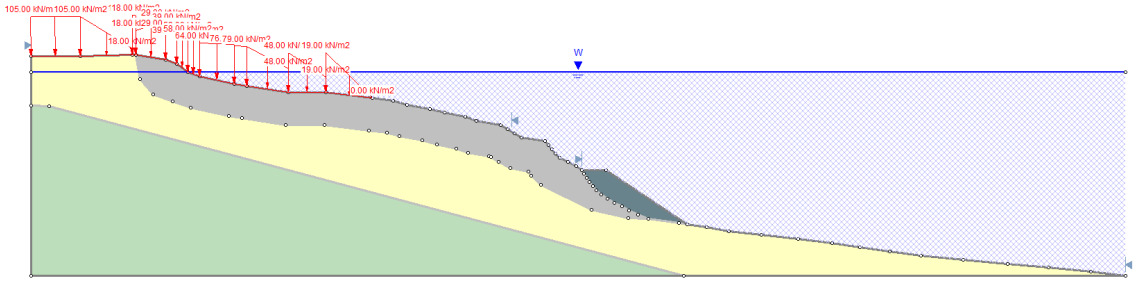



*Figura 2: Sezione 6 – Esempio modellazione sezione geologica nel software di calcolo*

## 6.4 Verifiche di stabilità globali – analisi statica

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati delle verifiche di stabilità globali statiche eseguite per le sezioni indagate. Le verifiche sono state effettuate su molteplici piani di scivolamento che interessano diversi intervalli spaziali investigati di volta in volta

dall'analizzatore, fino ad individuare gli intervalli più gravosi. Per ogni analisi vengono generate migliaia di curve, fino ad ottenere quelle a minor coefficiente di sicurezza.

### *6.4.1 Sezione 5*

Nella *Tabella 1* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 5 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

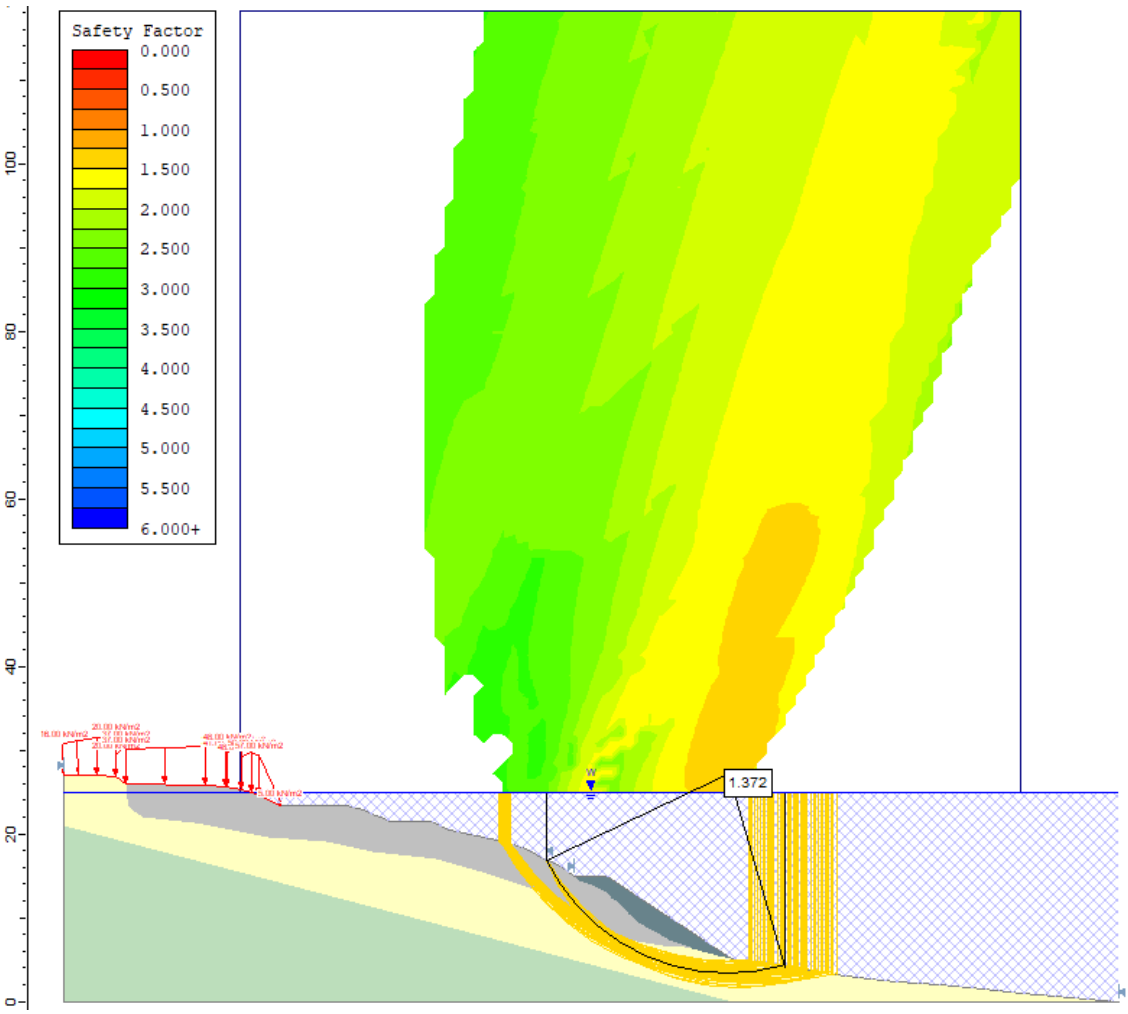



*Figura 3: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,372 | **1,439** |
| Bishop semplificato | 1,479 | |
| Spencer | 1,466 | |

*Tabella 1: Fattori di sicurezza minimi sez.5 – analisi statica*

### *6.4.2 Sezione 6*

Nella *tabella 2* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 6 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

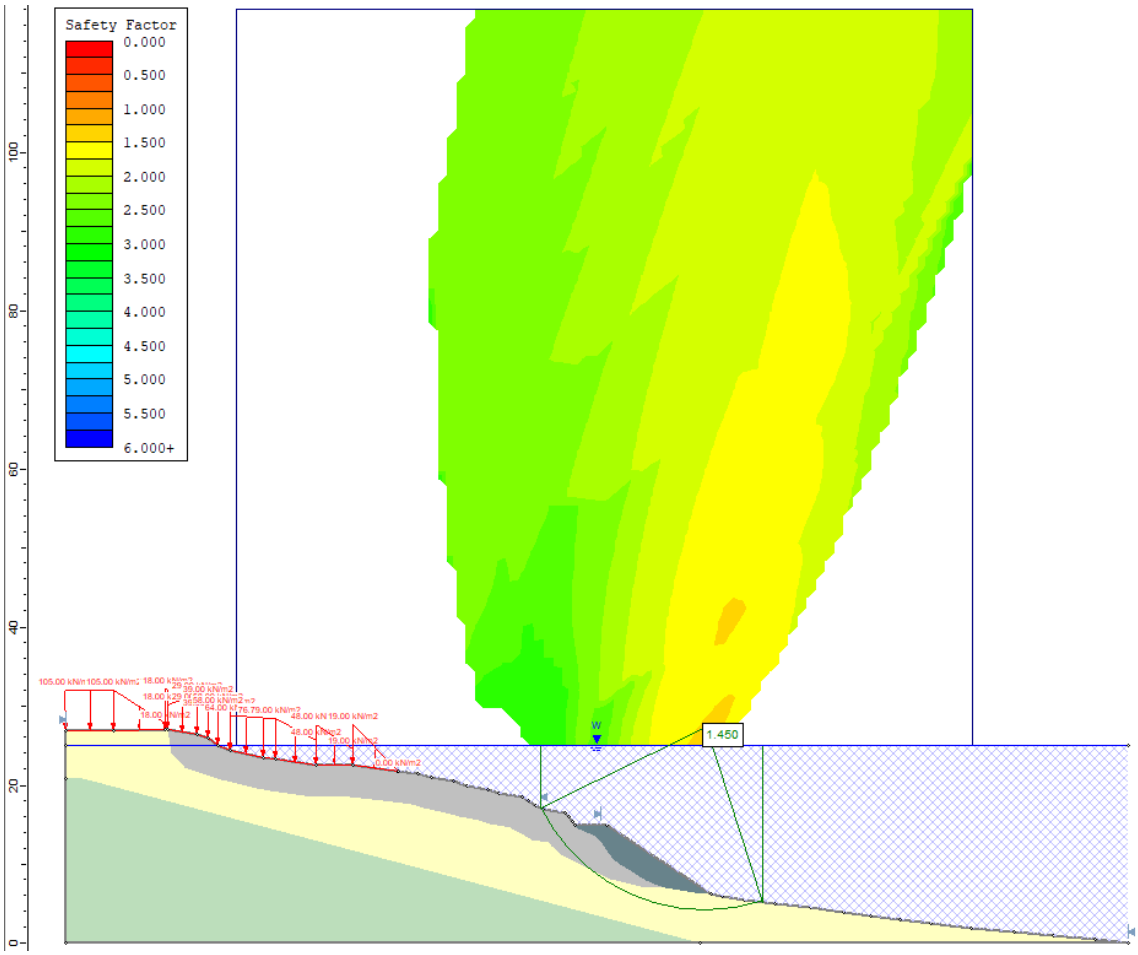



*Figura 4: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

**SEZ6 - ANALISI STATICA**

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,450 | **1,516** |
| Bishop semplificato | 1,552 | |
| Spencer | 1,547 | |

*Tabella 2: Fattori di sicurezza minimi sez.6 – analisi statica*

### *6.4.3 Sezione 7*

Nella *tabella 3* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 7 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

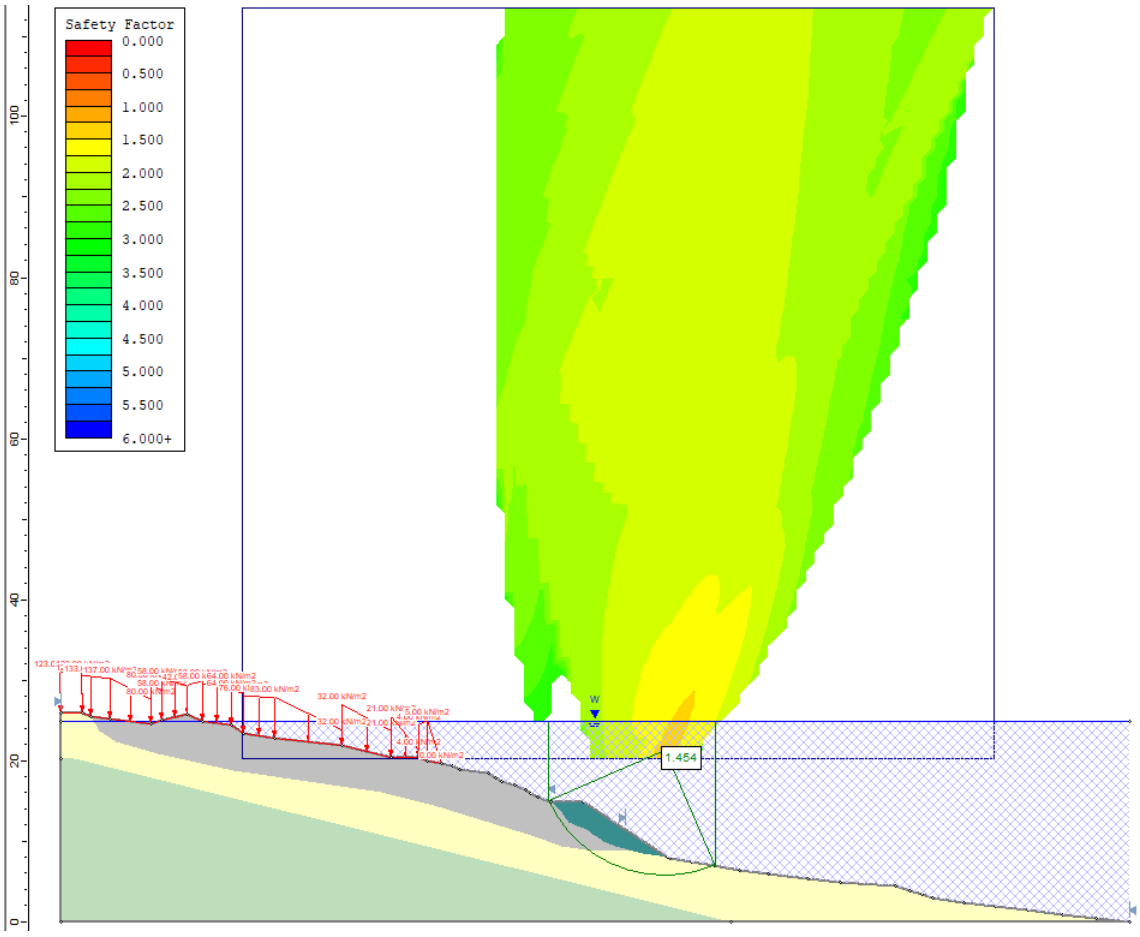



*Figura 5: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,454 | **1,517** |
| Bishop semplificato | 1,556 | |
| Spencer | 1,541 | |

*Tabella 3: Fattori di sicurezza minimi sez.7 – analisi statica*

### *6.4.4 Sezione 8*

Nella *tabella 4* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 8 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

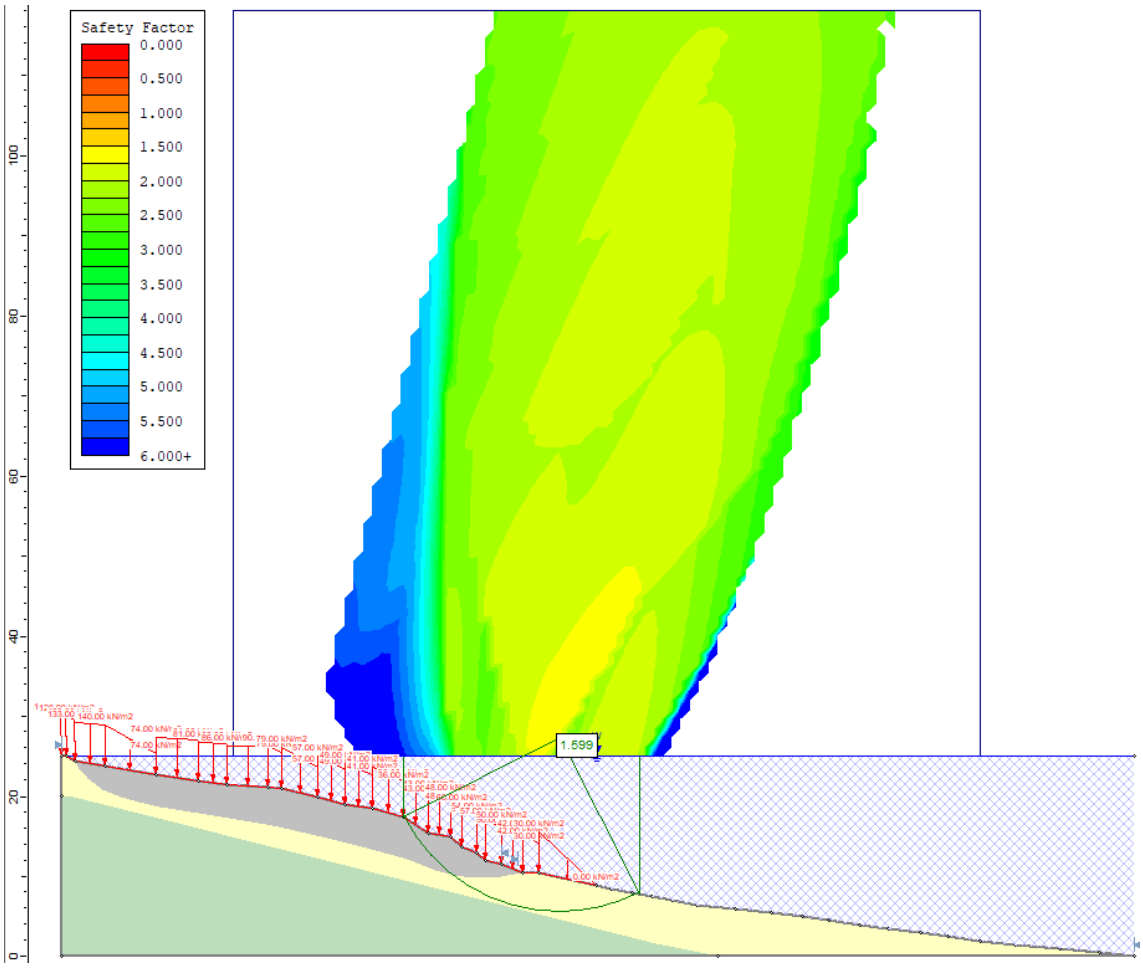



*Figura 6: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,599 | **1,704** |
| Bishop semplificato | 1,763 | |
| Spencer | 1,751 | |

*Tabella 4: Fattori di sicurezza minimi sez.8 – analisi statica*

### *6.4.5 Sezione 8.5*

Nella *tabella 5* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 8.5 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

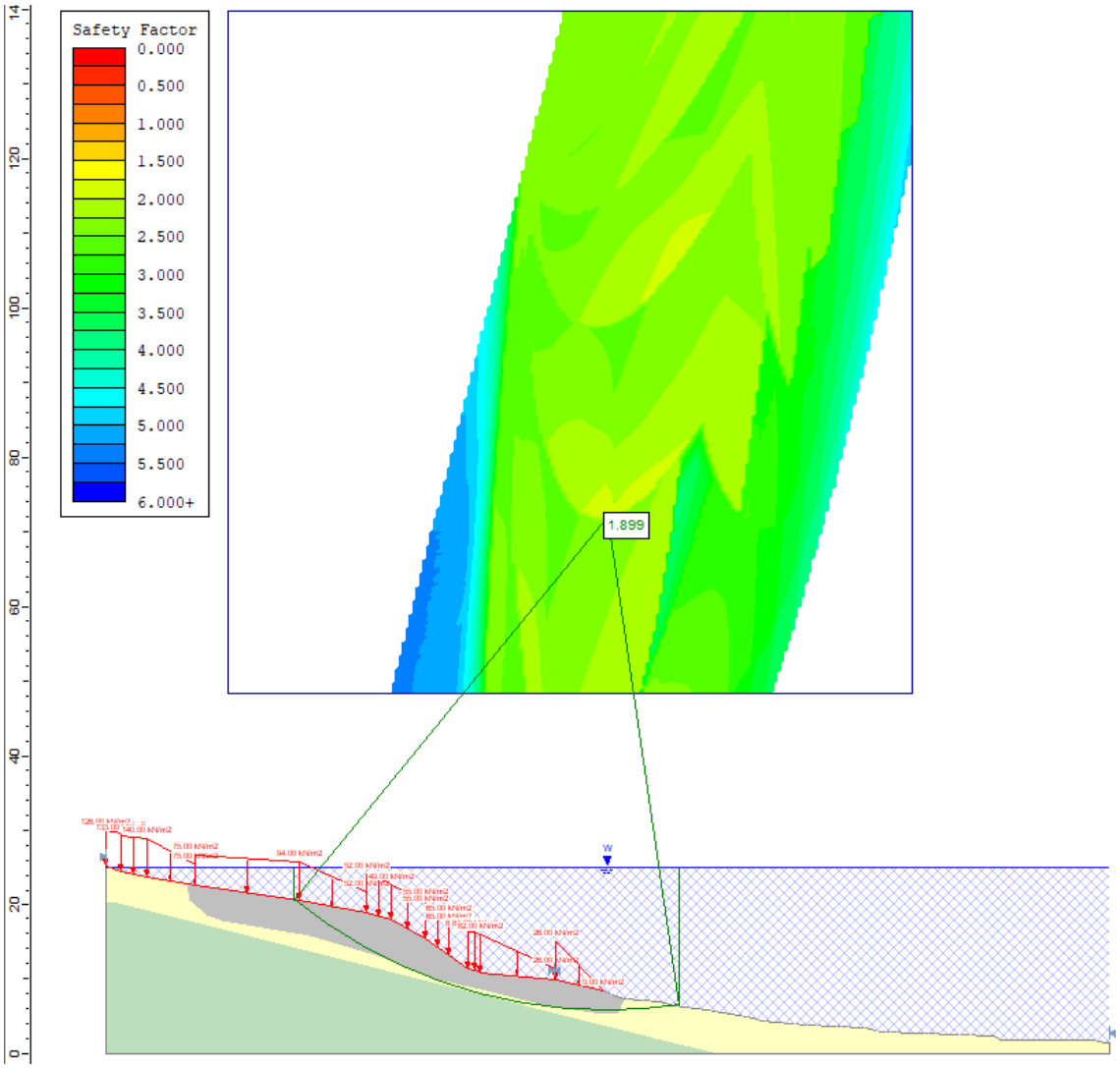



*Figura 7: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,899 | **1,936** |
| Bishop semplificato | 1,957 | |
| Spencer | 1,952 | |

*Tabella 5: Fattori di sicurezza minimi sez.8.5 – analisi statica*

### *6.4.6 Sezione 9*

Nella *tabella 6* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 9 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

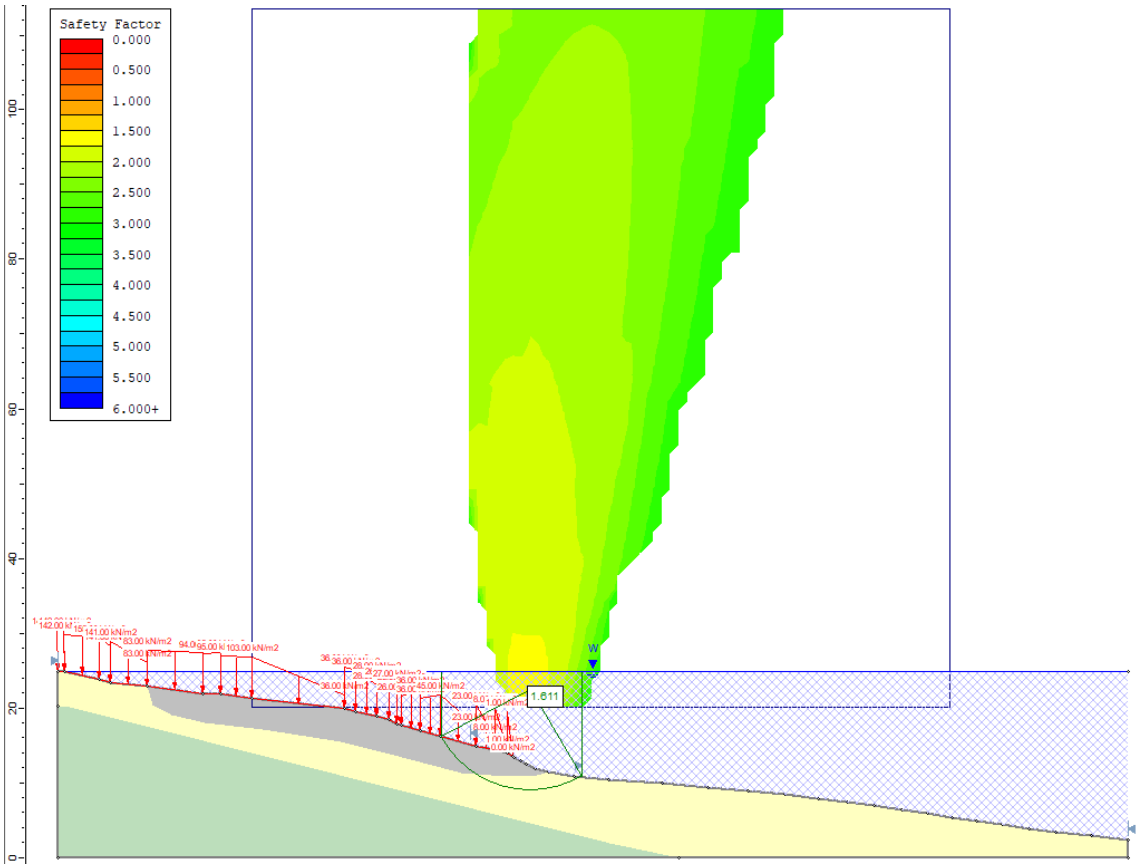



*Figura 8: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,611 | **1,732** |
| Bishop semplificato | 1,802 | |
| Spencer | 1,783 | |

*Tabella 6: Fattori di sicurezza minimi sez.9 – analisi statica*

### *6.4.7 Sezione 10*

Nella *tabella 7* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 10 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

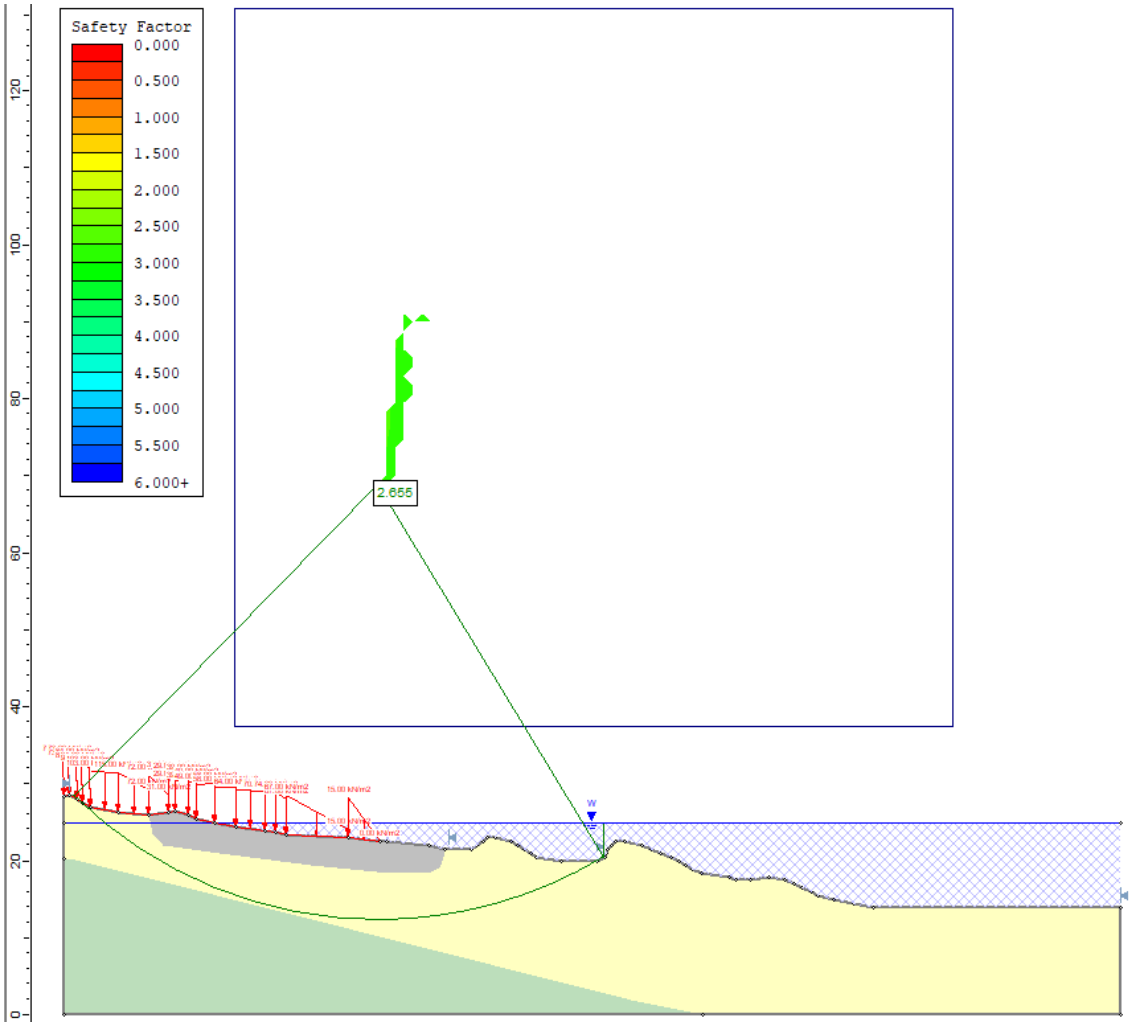



*Figura 9: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi statica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 2,655 | **2,802** |
| Bishop semplificato | 2,874 | |
| Spencer | 2,877 | |

*Tabella 7: Fattori di sicurezza minimi sez.10 – analisi statica*

## 6.5 Verifiche di stabilità globali – analisi sismica

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati delle verifiche di stabilità globali sismiche eseguite per le sezioni indagate. Le verifiche sono state effettuate su molteplici piani di scivolamento che interessano diversi intervalli spaziali investigati di volta in volta dall'analizzatore, fino ad individuare gli intervalli più gravosi. Per ogni analisi vengono generate migliaia di curve, fino ad ottenere quelle a minor coefficiente di sicurezza.

### *6.5.1 Sezione 5*

Nella *Tabella 1* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 5 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

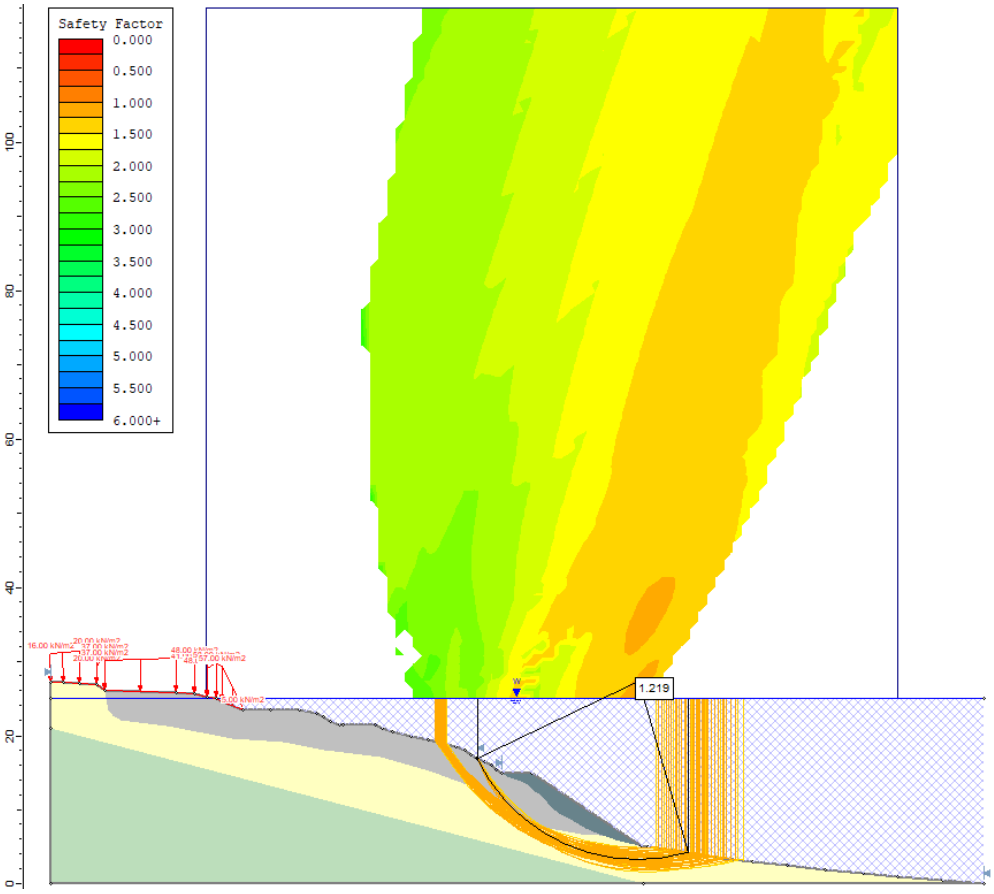



*Figura 10: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,219 | **1,287** |
| Bishop semplificato | 1,327 | |
| Spencer | 1,316 | |

*Tabella 8: Fattori di sicurezza minimi sez.5 – analisi sismica*

### *6.5.2 Sezione 6*

Nella *tabella 9* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 6 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

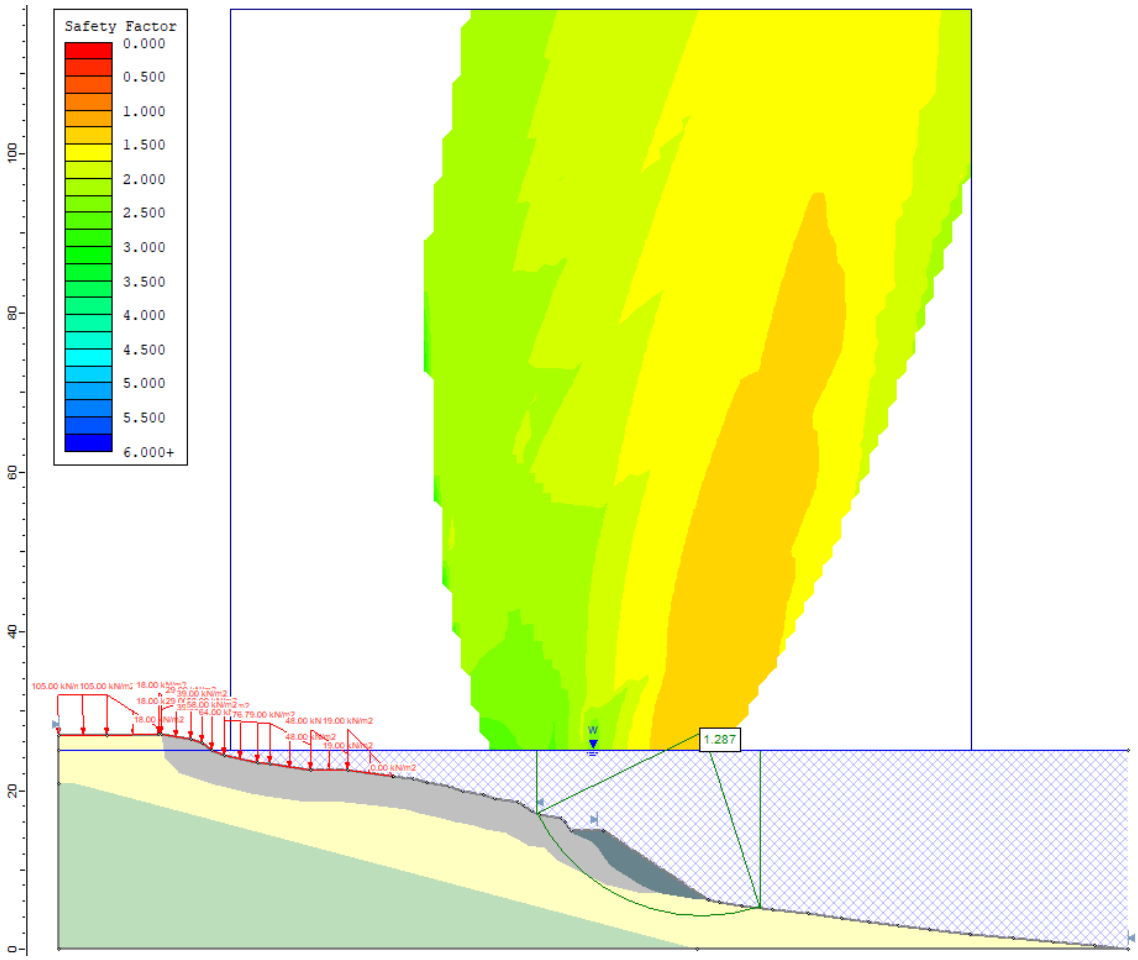



*Figura 11: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,287 | **1,345** |
| Bishop semplificato | 1,376 | |
| Spencer | 1,371 | |

*Tabella 9: Fattori di sicurezza minimi sez.6 – analisi sismica*

### *6.5.3 Sezione 7*

Nella *tabella 10* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 7 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

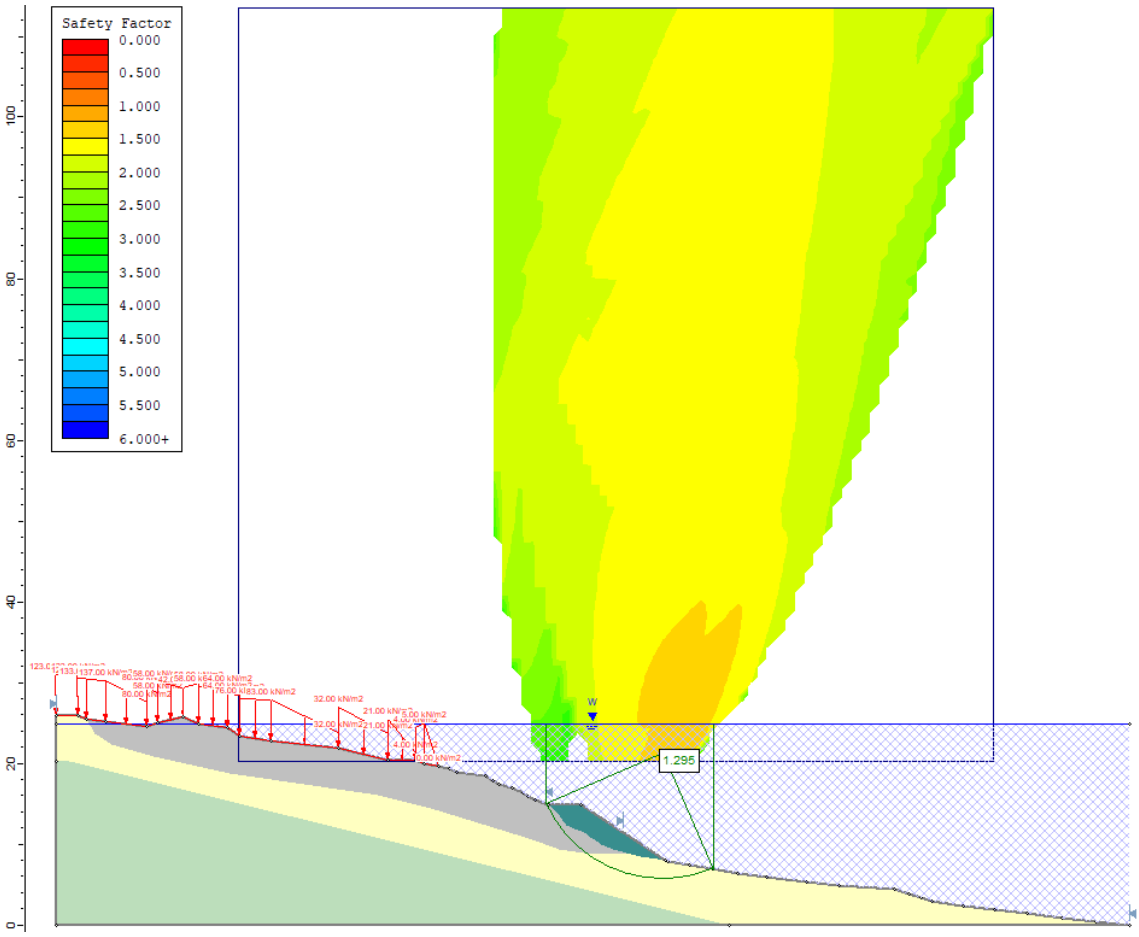



*Figura 12: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,295 | **1,359** |
| Bishop semplificato | 1,398 | |
| Spencer | 1,384 | |

*Tabella 10: Fattori di sicurezza minimi sez.7 – analisi sismica*

### *6.5.4 Sezione 8*

Nella *tabella 11* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 8 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

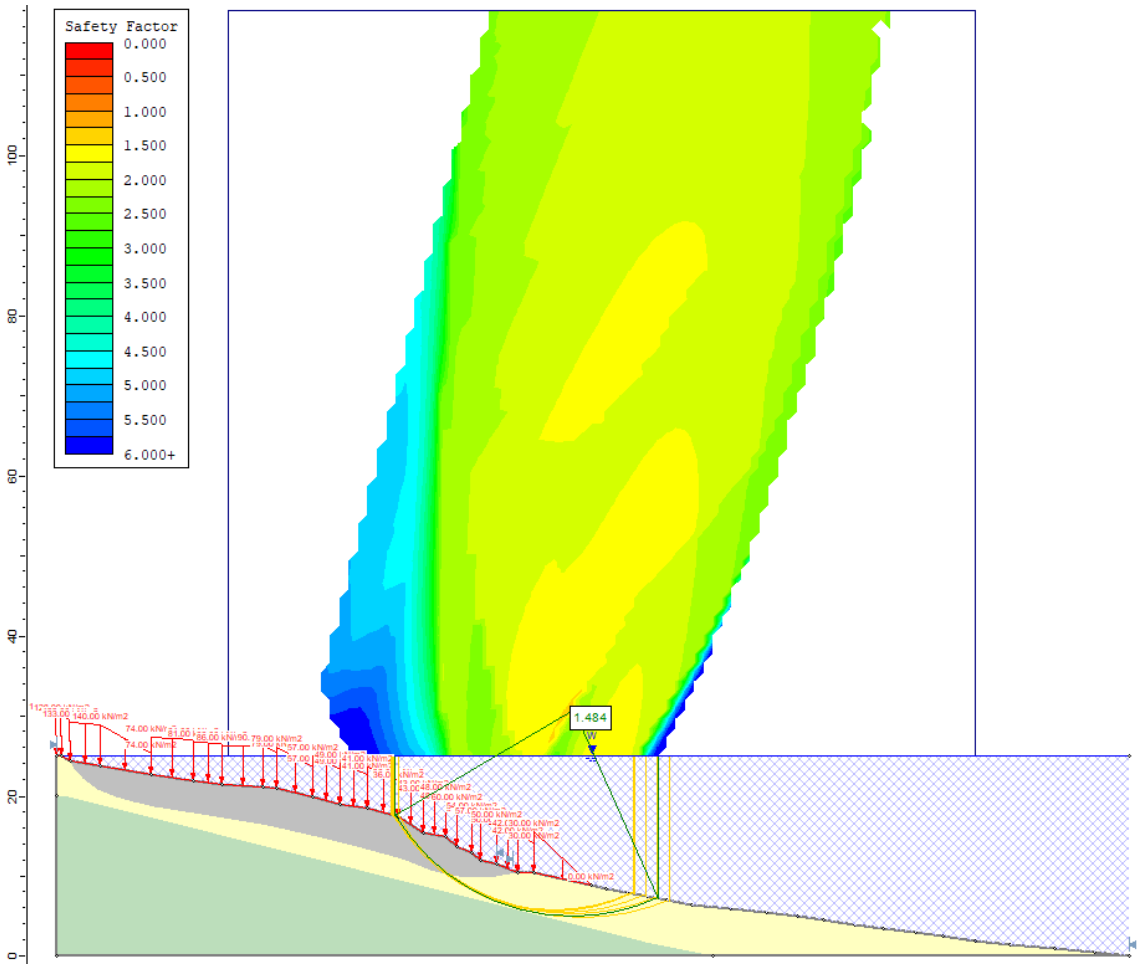



*Figura 13: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,484 | **1,575** |
| Bishop semplificato | 1,624 | |
| Spencer | 1,617 | |

*Tabella 11: Fattori di sicurezza minimi sez.8 – analisi sismica*

### *6.5.5 Sezione 8.5*

Nella *tabella 12* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 8.5 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

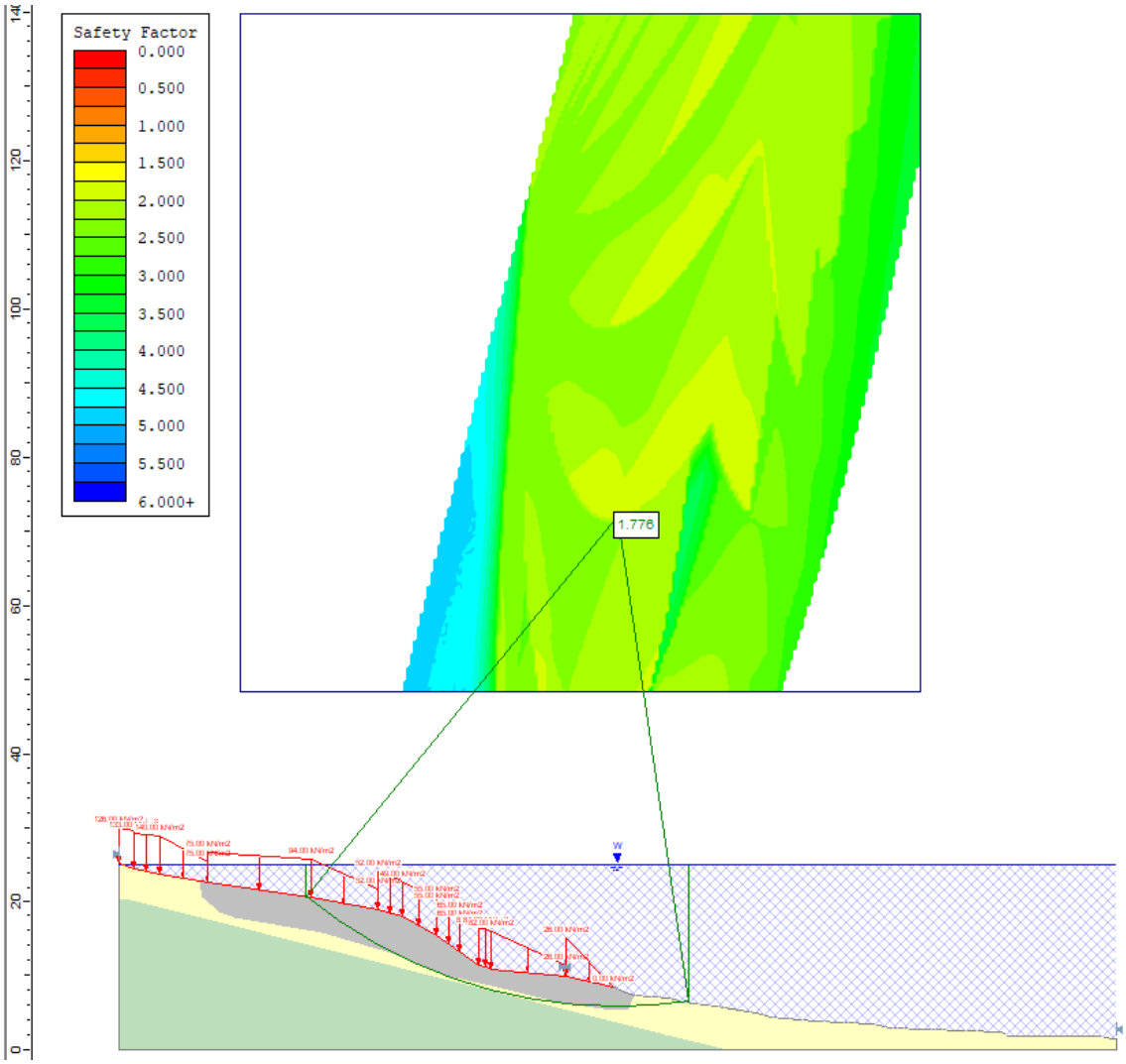



*Figura 14: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| *Metodo* | *FS* | *FS medio* |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,776 | **1,810** |
| Bishop semplificato | 1,829 | |
| Spencer | 1,824 | |

*Tabella 12: Fattori di sicurezza minimi sez.8.5 – analisi sismica*

### *6.5.6 Sezione 9*

Nella *tabella 13* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 9 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

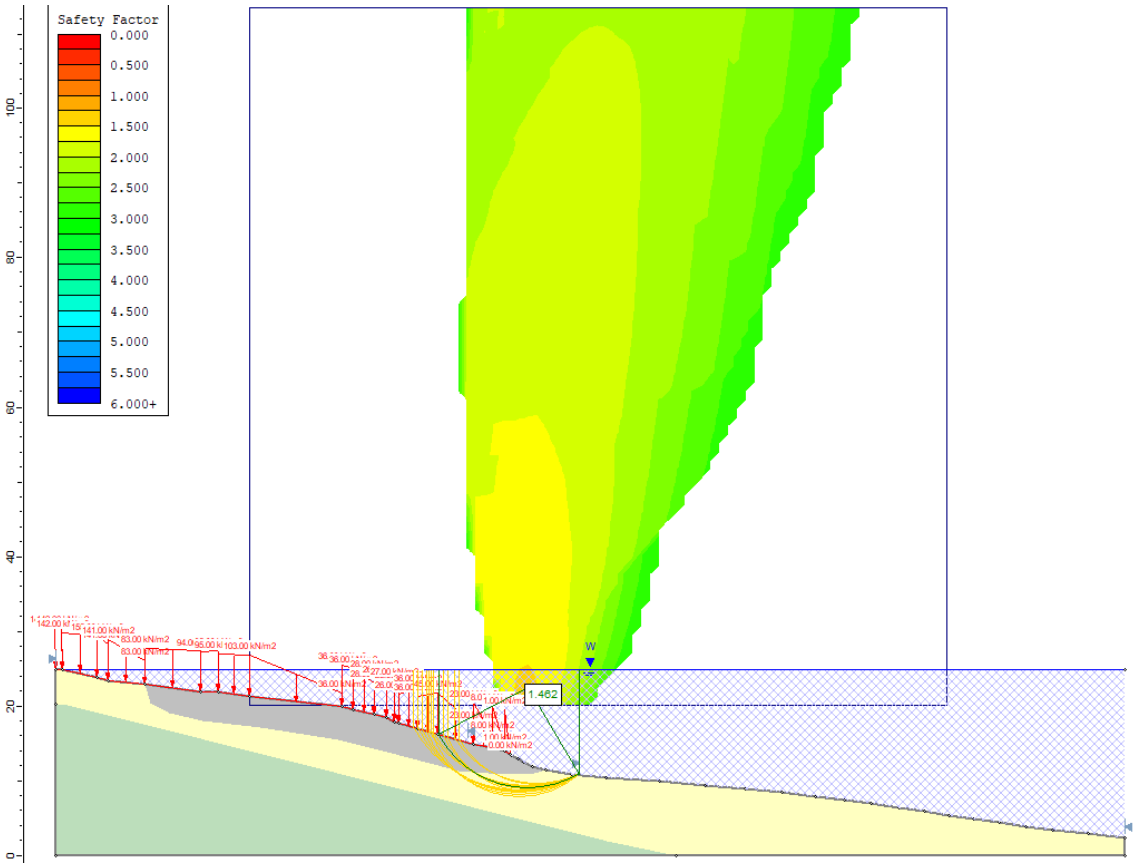



*Figura 15: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 1,462 | **1,576** |
| Bishop semplificato | 1,640 | |
| Spencer | 1,627 | |

*Tabella 13: Fattori di sicurezza minimi sez.9 – analisi sismica*

### *6.5.7 Sezione 10*

Nella *tabella 14* sono riassunti i valori dei coefficienti di sicurezza alla stabilità globale ottenuti nella sezione 10 considerando i parametri geomeccanici di cui al *capitolo 4* del presente documento. Nella figura seguente è riportata, a titolo di esempio, la superficie di scorrimento con il coefficiente di sicurezza minore (ottenuta con il metodo di Janbu semplificato).

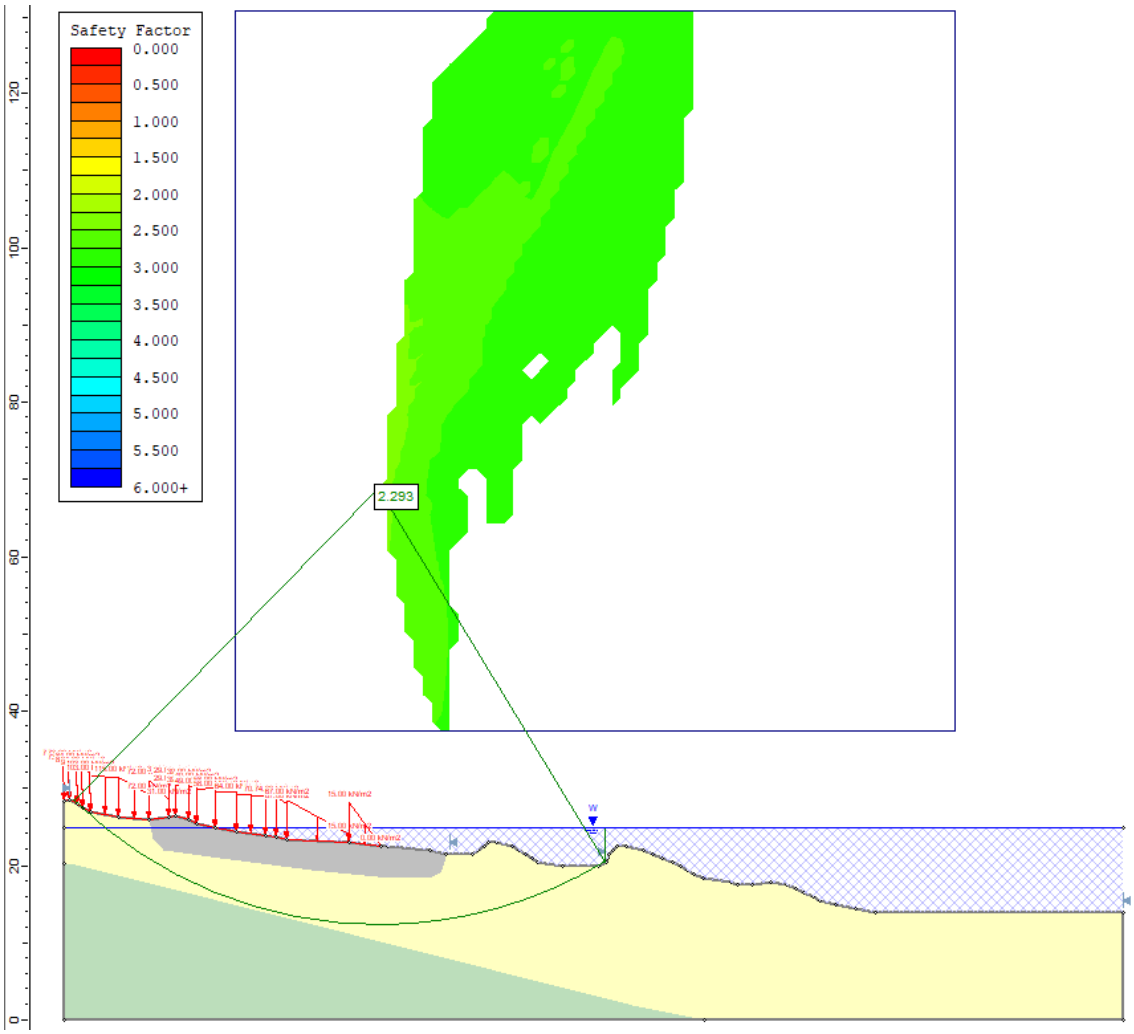



*Figura 16: Superficie di scorrimento con fattore di sicurezza minore – analisi sismica.*

| ***Metodo*** | ***FS*** | ***FS medio*** |
|---|---|---|
| Janbu semplificato | 2,293 | **2,423** |
| Bishop semplificato | 2,485 | |
| Spencer | 2,490 | |

*Tabella 14: Fattori di sicurezza minimi sez.10 – analisi sismica*

## 6.6 Conclusioni

### *6.6.1 Analisi statica*

Il fattore di sicurezza minimo è stato ottenuto nella sezione 5 con il metodo di Janbu semplificato e vale:

$FS_{min}$ = 1,372.

### *6.6.2 Analisi sismica*

Il fattore di sicurezza minimo è stato ottenuto nella sezione 5 con il metodo di Janbu semplificato e vale:

$FS_{min}$ = 1,219.

**Tutti i fattori di sicurezza ottenuti risultano maggiori di 1,2, pertanto la verifica a stabilità globale dell'opera è soddisfatta.**