**STUDIO di GEOLOGIA TECNICA dott. geol. GUIDO CARIERI**

Via alla Rocca di Legino ViaVia Alla Rocca di Legino, 5b 17100 - SAVONA - Tel. 019801866;019807203; fax 0198403931; e-mail: guido@carieri.com P.I. 01211680093

COMMITTENTE: Cementifera Ligure S.a.s.

COMUNE: Montoggio

LOCALITA': Tre Fontane

# OGGETTO: RELAZIONE GEOTECNICA A CORREDO DELLA ISTANZA DI RINNOVO AUTORIZZAZIONE DELLA CAVA DI CALCARE TRE FONTANE

DATA: Luglio 2010

COLLABORATORI:

INDICE

NORMATIVA ..... 2
PREMESSA: ..... 2
UNITÀ GEOLOGICHE E LITOLOGICHE ..... 4
INQUADRAMENTO SISMICO ..... 4
VERIFICHE DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO ..... 9
VERIFICHE DI STABILITA' DEI RIPORTI IN PROGETTO ..... 11
CONCLUSIONI ..... 14
ALLEGATI ..... 14

**NORMATIVA**

- D.M. 14/01/2008-Testo Unitario Norme tecniche per le costruzioni
- Consiglio superiore dei lavori pubblici-"istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni" Circolare 2 febbraio 2009
- Consiglio superiore dei lavori pubblici-Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007
- Eurocodice 8 (1998)-Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture (parte 5): Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- Eurocodice 7.1- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.2- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.3-Progettazione geotecnica
- L.R.L. n.4/1999-Vincolo idrogeologico
- Dlgs.n.152/2006, Dlgs n.4/2008, Decreto anticrisi, DGR n. 859/2008-Criteri per la gestione e l'utilizzo di terre e rocce da scavo

**PREMESSA:**

Il presente progetto concerne la richiesta di variante al programma di coltivazione in oggi autorizzato per lo sfruttamento estrattivo e la riqualificazione ambientale della cava di calcare denominata "TRE FONTANE" in Comune di Montoggio (GE), della Ditta CEMENTIFERA LIGURE S.a.s. di Cabella Emilio & C..

La cava di cui trattasi ha iniziato l'attività estrattiva alla fine del 1800 circa ed è stata tesa alla estrazione di calcari marnosi al fine di alimentare la attigua fornace per la produzione di calce (in oggi ancora presente ma non più in funzione da tempo).

In oggi la attività di cava avviene in maniera non continuativa sia per la produzione di materiali inerti ad usi edili industriali che come massi per la realizzazione di difese spondali fluviali e/o marine.

La cava è composta da una viabilità di servizio, che si diparte dalla Strada Provinciale n° 13 Creto-Montoggio, con la quale si raggiunge un ampio piazzale di servizio posto alla base del vecchio fronte di coltivazione; la parte superiore attuale del fronte è raggiungibile con una pista di arroccamento posta nella parte destra del piazzale (guardando la cava). Attualmente nell'ambito della cava non sono in attività impianti di trattamento del materiale.

La coltivazione della cava avviene con prevalente utilizzo di mezzi meccanici previa esecuzione di volate di mine al monte con le quali la roccia in posto viene disgregata, il materiale che a seguito della volata non disloca per gravità sul piazzale di servizio è ripreso con escavatori e/o pale meccaniche e

quindi scaricato a valle sul medesimo piazzale; da qui viene ripreso, caricato su autocarri e trasportato ai luoghi di utilizzo o ad impianti di trattamento (esterni alla cava e non di proprietà della Cementifera Ligure) per essere frantumato, macinato, vagliato e classificato in diverse granulometrie commercialmente utilizzabili.

In seguito alla entrata in vigore della l.r. n° 12/1979, la cava è stata autorizzata alla prosecuzione dell'esercizio estrattivo con DGR n° 5710/1984.

In oggi le autorizzazione vigenti risultano essere:

- D.G.R. n° 343 del 1 marzo 2000, con la quale è stato rilasciato il rinnovo dell'autorizzazione regionale (validità autorizzazione 10 anni per l.r. N° 12 e vincolo idrogeologico – 5 anni per paesistica) con contestuale variante al programma di coltivazione.
- D.G.R. n° 595 del 7 giugno 2005, con la quale è stato rilasciata l'autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.Lgvo. n° 42/2004 e s.m..
- Decreto dirigenziale n° 467 del 28 febbraio 2008, con la quale è stata rilasciata una variante al programma di coltivazione, comprensiva di autorizzazione per il vincolo idrogeologico (riferita all'intero complesso estrattivo) e di autorizzazione paesaggistica, per quanto concerne una diversa impostazione del progetto ed in particolare della pista di servizio realizzata e da realizzare per il raggiungimento delle porzioni superiori del fronte di abbattimento.
- Decreto dirigenziale n° 3826 del 29 dicembre 2009, con il quale è stata rinnovata l'autorizzazione per l'esercizio della attività estrattiva ai sensi della l.r. n° 21/2001, della l.r. n° 4/1999 e del D.lgs n° 42/2004 come modificato con D.lgs. n° 63/2008.

La presente relazione è tesa ad illustrare la situazione attuale della cava rispetto al progetto a suo tempo autorizzato, nonché il programma dettagliato dei lavori di coltivazione, riqualificazione ambientale e degli investimenti finanziari necessari per la variante al programma di coltivazione prevista nel nuovo progetto proposto per la attività estrattiva della cava di cui trattasi.

La presente relazione, a corredo del progetto di cui sopra, viene redatta ai sensi della vigente normativa (Testo Unico per le costruzioni - D.M. 14/01/2008) valutando le interferenze opere/terreno pregiudizievoli per l'equilibrio idrogeologico di versante e la stabilità locale dei fronti di scavo/riporto in progetto (apertura di nuovi gradoni e parziale ricostruzione del versante a mezzo di colmata in materiali inerti).

## UNITÀ GEOLOGICHE E LITOLOGICHE

Il complesso estrattivo è situato all'interno della Formazione dei Calcari del M. Antola, i cui terreni sono assegnati all'intervallo Cretaceo superiore – Paleocene, periodo in cui la variazione del regime dinamico dovuto al movimento di "chiusura" dell'Oceano ligure piemontese ha determinato la deposizione di sedimenti marini per correnti di torbida, mobilitate da sismi o frane sottomarine e sedimentate sul fondale oceanico, alle quali si alternavano le deposizioni di materiali fini.
Queste sequenze flyschioidi furono coinvolte in parte nell'orogenesi alpina ed in parte nella fase successiva dell'orogenesi appenninica assumendo pertanto polarità delle falde di ricoprimento con vergenze opposte. La Formazione dei Calcari dell'Antola, essendo al limite tra le due vergenze, è stata coinvolta da entrambe le fasi e risulta piegata e fratturata secondo i due differenti eventi di deformazione plicativa e di tettonica fragile.

## INQUADRAMENTO SISMICO

Il sito in esame ricade in zona 3B (DGR Liguria 1308 24-10-2008).
Tutte le verifiche, pertanto, devono fare riferimento a NTC2008.
Inoltre, per i fronti di scavo considerati si possono assumere i seguenti dati:

| | |
|---|---|
| latitudine (UTM 32T) | 44,50126 |
| longitudine (UTM 32T) | 9,02567 |
| classe d'uso | II |
| vita nominale ($V_N$) | 50 anni |
| coefficiente d'uso ($C_U$) | 1 |
| vita di riferimento ($V_R$) | $V_R = V_N \cdot C_U = 1$ anni (*) |

I coefficienti sismici orizzontale ($k_h$) e verticale ($k_v$), da impiegare nella determinazione della forza inerziale dovuta al sisma di progetto, sono dati da

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad (1)$$

$$k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h \qquad (2)$$

dove

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

$a_{max}$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$ = accelerazione di gravità.

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata mediante la relazione

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \qquad (3)$$

in cui

$S$ = coefficiente di sito che comprende i coefficienti di amplificazione stratigrafica ($S_S$) e topografica ($S_T$);

$a_g$ = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

In merito al sottosuolo di riferimento, il sito di interesse appartiene alla categoria A ("*ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m*"; NTC2008 Tabella 3.2.II).

La configurazione geometrica del sito in esame è quella di: "rilievo con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione compresa tra i 15° ed i 30°". Dunque, al sito in esame è attribuibile categoria topografica T3 (NTC2008 Tabella 3.2.IV).

Pertanto, nella (3) $S_S = 1$ e $S_T = 1{,}20$.

L'accelerazione orizzontale massima ($a_{max}$) per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) è determinabile mediante i parametri spettrali su sito di riferimento rigido. In questo caso, per una probabilità di superamento nel periodo di riferimento ($P_{VR}$) del 10%, il tempo di ritorno ($T_R$) del sisma considerato vale

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{VR})} = -\frac{50\,\text{anni}}{\ln(1-0.10)} = 475\,\text{anni}$$

mentre i relativi parametri spettrali, individuati mediante il software "Geostru PS", risultano

$$a_g = 0{,}087\ g$$

$$F_0 = 2{,}479$$

$$T_C^* = 0{,}279$$

in cui

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

$T_C^*$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Pertanto, la (3) fornisce

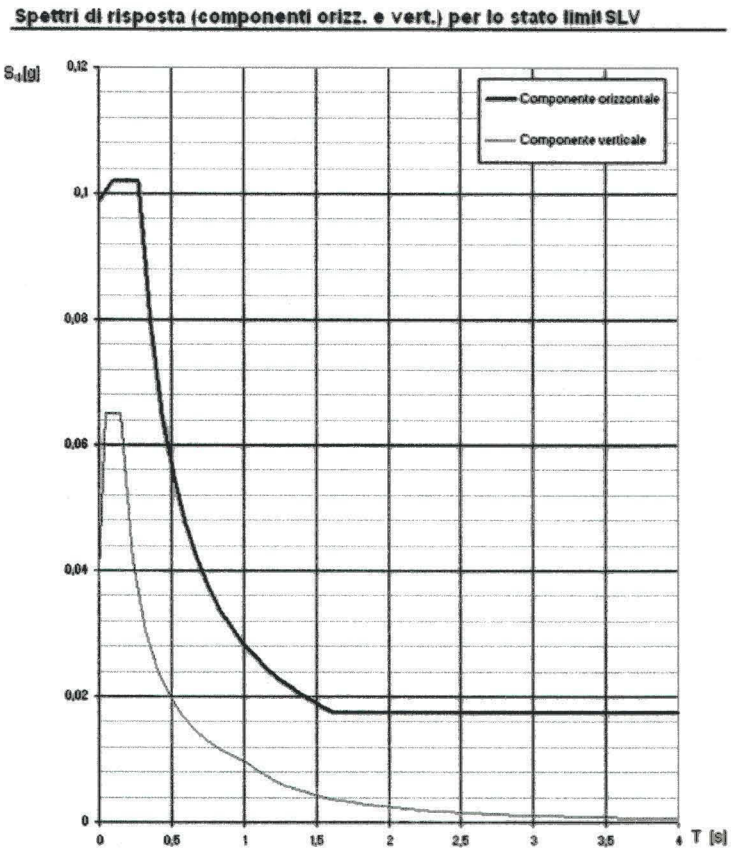
$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}087\ g = 0{,}1044\ g = 0{,}1044 \cdot 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}} = 1{,}0242\ \mathrm{m\,s^{-2}} \quad (4)$$

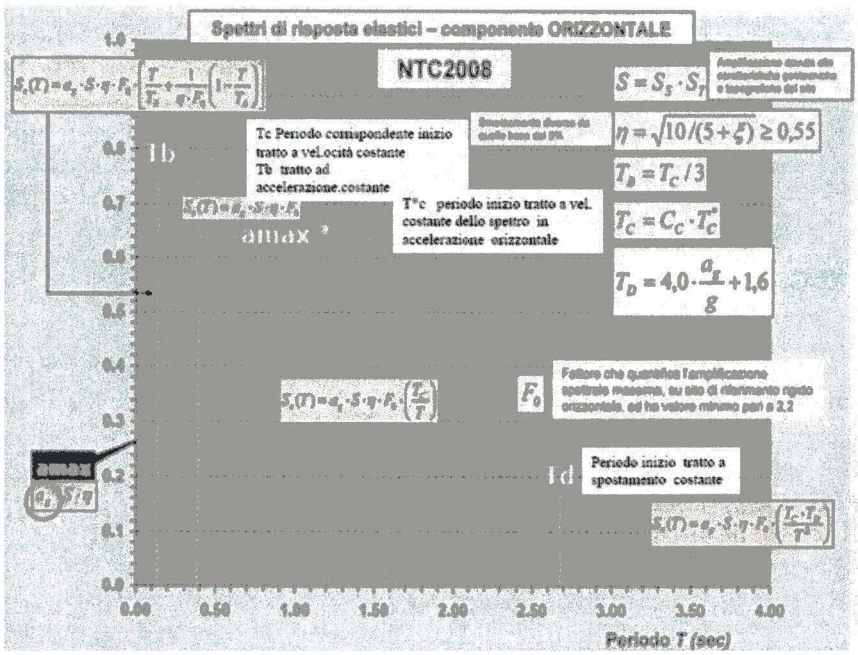
Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ($\beta_s$) per sottosuoli di categoria A, con $a_g < 0{,}1\ g$, vale 0,20 (NTC2008 Tabella 7.11.I). Le (1) e (2) divengono dunque:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0{,}20 \cdot \frac{1{,}0242\ \mathrm{m\,s^{-2}}}{9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}} = 0{,}0209 \quad (5)$$

$$k_v = \pm 0{,}5 \cdot k_h = \pm 0{,}5 \cdot 0{,}02136 = \pm 0{,}01044 \quad (6)$$

Spettro di risposta progetto-dipendente per lo stato limite di SLV




*Schema esplicativo parametri elastici dello spettro di risposta orizzontale*

Parametri rappresentativi e punti di ancoraggio degli spettri di risposta orizzontali e verticali relativi allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV):

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV |
|---|---|
| $a_g$ | 0,087 g |
| $F_o$ | 2,479 |
| $T_C^*$ | 0,279 s |
| $S_S$ | 1,000 |
| $C_C$ | 1,000 |
| $S_T$ | 1,130 |
| q | 2,400 |

**Parametri dipendenti**

| | |
|---|---|
| S | 1,130 |
| $\eta$ | 0,417 |
| $T_B$ | 0,093 s |
| $T_C$ | 0,279 s |
| $T_D$ | 1,949 s |

*Parametri dello spettro di risposta per la componente orizzontale*

**Parametri indipendenti**

| STATO LIMITE | SLV |
|---|---|
| $a_{gv}$ | 0,035 g |
| $S_S$ | 1,000 |
| $S_T$ | 1,130 |
| q | 1,500 |
| $T_B$ | 0,050 s |
| $T_C$ | 0,150 s |
| $T_D$ | 1,000 s |

**Parametri dipendenti**

| | |
|---|---|
| $F_v$ | 0,989 |
| S | 1,130 |
| $\eta$ | 0,667 |

*Parametri dello spettro di risposta per la componente verticale*

## VERIFICHE DI STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Le verifiche di stabilità sono svolte utilizzando il test di Matheson, che costituisce un metodo di valutazione, mediante proiezione stereografica, dei cinematismi e delle possibili direzioni di movimento di porzioni del fronte roccioso interessato dalle attività di scavo e sbancamento, in relazione sia alla presenza di giunti di discontinuità, che caratterizzano localmente l'ammasso, sia alle caratteristiche geometriche del fronte.
Mediante il test di Matheson si possono individuare i cinematismi di scivolamento bidimensionale (piano) e tridimensionale (cunei).
Le verifiche analitiche di stabilità all'equilibrio limite dei fronti di scavo in progetto (scarpate intermedie ai gradoni) sono svolte sia in condizioni statiche, che in condizioni dinamiche, tenendo conto della riduzione del valore del coefficiente di sicurezza Fs in funzione dell'accelerazione massima orizzontale al suolo "ag", che nel caso specifico è assunta pari a 0,087g (paragrafo Inquadramento sismico).
Le verifiche si svolte utilizzando due diversi criteri di rottura:

Criterio di rottura di Barton che utilizza le caratteristiche "fisiche" dei giunti: rugosità JRC e resistenza alla compressione JCS.
Criterio di rottura di Hoek-Brown che assume il comportamento del mezzo "roccia" considerato isotropo. Dal criterio di cui sopra è possibile derivare i valori caratteristici dei parametri di resistenza a taglio propri del criterio di rottura introdotto da Mohr-Coulomb.
Pertanto, tenendo in debito conto le condizioni di applicabilità del criterio di Hoek – Brown si ritiene che le condizioni ideali di analisi per valutare la stabilità all'equilibrio limite dei cinematismi individuati siano riconducibili ad un contesto di roccia giuntata, in presenza di matrice di riempimento intesa come prodotto dell'alterazione della roccia madre.

Le verifiche eseguite sono svolte lungo i profili di progetto (Sezioni geologiche interpretative; Tav. N.3 allegata).

Dall'analisi del Test di Matheson non si evidenziano cinematismi attivi lungo la sezione °1, avente giacitura 66°/80° ed altezza massima del fronte pari a 22,4 m.

Per la Sezione 7 (83°/68°) con altezza massima del fronte 14 m si evidenziano tre cinematismi a cuneo dovuti alle coppie di famiglie 2-3 (126°/85° - 325°/80°), 2-4 (126°/85° - 73°60°) e 3-4 (325°/80° – 73°/60°) ed un cinematismo planare dovuto alla famiglia 4 (73°/60°) le cui analisi di stabilità all'equilibrio limite indicano i seguenti valori dei coefficiente di sicurezza:

Verifiche eseguite adottando il criterio di rottura di Barton

- Cuneo 2-3: Fs = 10,487 che in condizioni sismiche si riduce a 9,0
- Cuneo 2-4: Fs = 1,487 che in condizioni sismiche si riduce a 1,17
- Cuneo 3-4: Fs = 1,531 che in condizioni sismiche si riduce a 1,2
- Piano 4: Fs = 1,313 che in condizioni sismiche si riduce a 1,1

Verifica eseguita adottando il criterio di rottura di Hoek-Brown

- Cuneo 2-3: Fs = 42,35 che in condizioni sismiche si riduce a 38,09
- Cuneo 2-4: Fs = 13,94 che in condizioni sismiche si riduce a 12,66
- Cuneo 3-4: Fs = 16,32 che in condizioni sismiche si riduce a 14,83
- Piano 4: Fs = 7,033 che in condizioni sismiche si riduce a 6,62

Per la Sezione 9 (89°/68°) con altezza massima del fronte 14 m si evidenzia un cinematismo a cuneo dovuto alla coppia di famiglie 2-3 (128°/85° - 325°/85°) le cui analisi di stabilità all'equilibrio limite indicano i seguenti valori dei coefficiente di sicurezza:

Verifica eseguita adottando il criterio di Barton

- Cuneo 2-3: Fs = 12,489 che in condizioni sismiche si riduce a 1,74

Verifica eseguita adottando il criterio di rottura di Hoek-Brown

- Cuneo 2-3: Fs = 46,73 che in condizioni sismiche si riduce a 41,73

Per la Sezione 13 (102°/70°) con altezza massima del fronte 14 m si evidenzia un cinematismo a cuneo dovuto alla coppia di famiglie 2-4 (122°/75° - 74°/50°) le cui analisi di stabilità all'equilibrio limite indicano i seguenti valori dei coefficiente di sicurezza:

Verifica eseguita adottando il criterio di rottura di Barton

- Cuneo 2-4: Fs = 1,78 che in condizioni sismiche si riduce a 1,51

Verifica eseguita adottando il criterio di rottura di Hoek-Brown

- Cuneo 2-3: Fs = 6,15 che in condizioni sismiche si riduce a 5,51

I calcoli hanno fornito valori del coefficiente di sicurezza sempre maggiori del valore di equilibrio limite Fs = 1,1.

## VERIFICHE DI STABILITA' DEI RIPORTI IN PROGETTO

Le analisi di stabilità all'equilibrio limite sono svolte in osservanza della vigente normativa geotecnica (Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008 par.6.3) che prevede la realizzazione di un modello geologico ed un modello geotecnico del versante. Le verifiche di sicurezza vanno svolte con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento, dei principali parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.
Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU) le componenti verticali ed orizzontali dell'azione sismica si ricavano dalle seguenti relazioni: Fh=kh*W e Fv=kv*W (dove Fh e Fv sono gli incrementi di forza proporzionali a W e W è il peso di volume del terreno).

Le verifiche assumono numero tre superfici di potenziale scorrimento che meglio approssimano le condizioni critiche di stabilità, interessando il riempimento di progetto a profondità differenti.

Tutte le verifiche sono svolte tenendo conto dell'inquadramento sismico dell'area d'intervento (zona 3B della nuova classificazione sismica regionale DGR. 1308/2008, ex OPCM 3519/2006).
Nel corso delle sessioni di analisi si è assunto cautelativamente una superficie freatica rappresentativa di un regime idrodinamico molto cautelativo all'interno del riempimento di progetto.
A partire dai parametri medi desunti dal rilevamento geomeccanico e riportati nella relazione geologica, si sono ricavati in primo luogo i parametri caratteristici, calcolati dal rapporto tra la deviazione standard e la media degli stessi e quindi i parametri di progetto dell'ammasso roccioso di base applicando i coefficienti (M2) indicati nel testo delle Norme Tecniche per le Costruzioni e sotto riportati.

I valori di progetto dei parametri di resistenza a taglio assunti per i terreni costituenti il riempimento di progetto sono estrapolati dall'interpretazione di prove penetrometriche dinamiche continue di tipo superpesante realizzate in presenza di rivestimento realizzate dallo scrivente ad altro titolo in rilevati artificiali costituiti da terreni a granulometria mista (incoerente/coerente).

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

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|---|---|---|---|---|
| *Tangente dell'angolo di resistenza al taglio* | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1.0 | 1,25 |
| *Coesione efficace* | $c'_k$ | $\gamma_{c'}$ | 1.0 | 1,25 |
| *Resistenza non drenata* | $c_{uk}$ | $\gamma_{cu}$ | 1.0 | 1,4 |
| *Peso dell'unità di volume* | $\gamma$ | $\gamma_\gamma$ | 1.0 | 1,0 |

Valori di progetto parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche

| Litotipo | $\gamma$ | $\varphi$ | c |
|---|---|---|---|
| Riporti antropici di progetto | 17,5 | 33 | 0,05 |
| Substrato roccioso | 27 | 27 | 2,28 |

$\gamma$ = peso di volume espresso in kN/mc

$\varphi$ = angolo di attrito interno espresso in °

c = coesione espressa in kg/cmq.

Nelle analisi di stabilità sono stati considerati i coefficienti parziali per le azioni da applicarsi nelle verifiche di tipo geotecnico (GEO-A2).

**Tabella 2.6.I** – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

| | | Coefficiente $\gamma_F$ | EQU | A1 STR | A2 GEO |
|---|---|---|---|---|---|
| Carichi permanenti | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{G1}$ | 0,9<br>1,1 | 1,0<br>1,3 | 1,0<br>1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali[1] | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{G2}$ | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>1,3 |
| Carichi variabili | favorevoli<br>sfavorevoli | $\gamma_{Qi}$ | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>1,3 |

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

Nel seguito si riassumono gli esiti delle analisi nella tabella sotto riportata sezione per sezione:

| Sezione | Superfici di scivolamento considerate | Fs sup.1 | Fs sup. 2 | Fs sup. 3 |
|---|---|---|---|---|
| 6 | 3 | 1,13 | 1,29 | 2,0 |
| 7 | 3 | 1,25 | 1,52 | 1,96 |
| 9 | 3 | 1,30 | 1,48 | 1,64 |
| 10 | 3 | 1,20 | 1,31 | 1,48 |
| 12 | 3 | 1,12 | 1,44 | 1,28 |
| 13 | 2 | 1,12 | 1,23 | - |

I calcoli hanno fornito valori del coefficiente di sicurezza sempre maggiori del valore di equilibrio limite Fs = 1,1.

## CONCLUSIONI

A conclusione delle analisi interpretative dei dati di campagna, volte a determinare la fattibilità geotecnica degli interventi, in osservanza di quanto prescritto dalla vigente normativa, è possibile attestare la piena fattibilità delle opere in progetto in quanto i valori dei coefficienti di sicurezza Fs calcolati nelle sessioni di verifica della stabilità dei fronti di scavo in roccia e dei riempimenti in materiale di riporto previsti a progetto sono sempre maggiori rispetto al valore di equilibrio.

Savona, 8 luglio 2010







## ALLEGATI

- Verifiche di stabilità del fronte di scavo in roccia
- Verifiche di stabilità dei riporti in progetto

## VERIFICHE DI STABILITA' DELLE SEZIONE DI PROGETTO 1, 7, 9 E 13

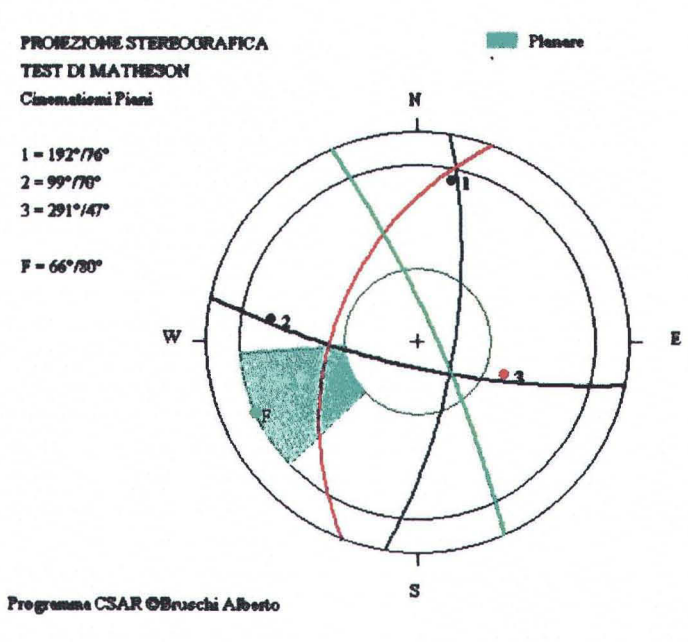
L'analisi dei cinematismi possibili all'interno dell'ammasso roccioso è stato eseguita con il test di Matheson

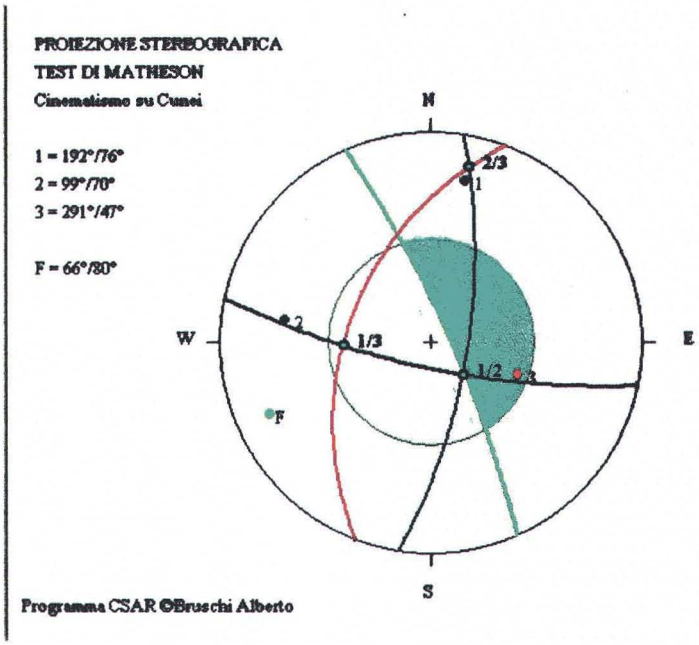
A partire dalle metodologie proposte da Hoek e Bray (1981) e modificate da Goodman (1981), Matheson (1983) ha proposto un metodo di valutazione, successivamente ripreso da Hudson e Harrison (1992) che consente di riconoscere rapidamente mediante una proiezione stereografica le possibili direzioni di movimento e le condizioni per cui esso si può verificare:

- Scivolamento planare
  - -Si deve avere parallelismo tra direzione di movimento e pendio entro ± 20°
  - -L'inclinazione del piano deve essere minore dell'inclinazione del pendio
  - -L'inclinazione del piano deve essere superiore all'angolo d'attrito del piano
- Scivolamento a cuneo
  - -L'inclinazione della retta di intersezione dei piani deve essere superiore all'angolo d'attrito
  - -La retta di intersezione deve affiorare sul versante

## ANALISI EFFETTUATE UTILIZZANDO IL CRITERIO DI ROTTURA DI BARTON

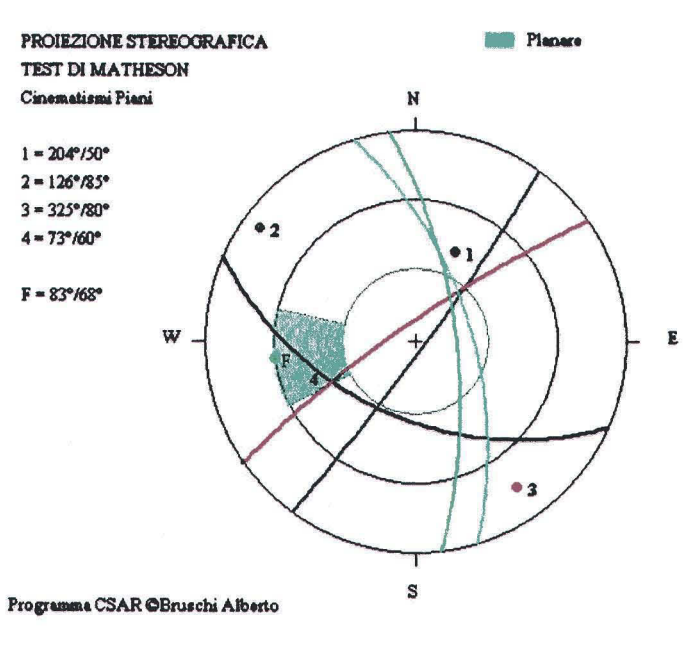
SEZIONE 1 DIREZIONE INCLINAZIONE 66°/80°ALTEZZA SCAVO METRI 22,4

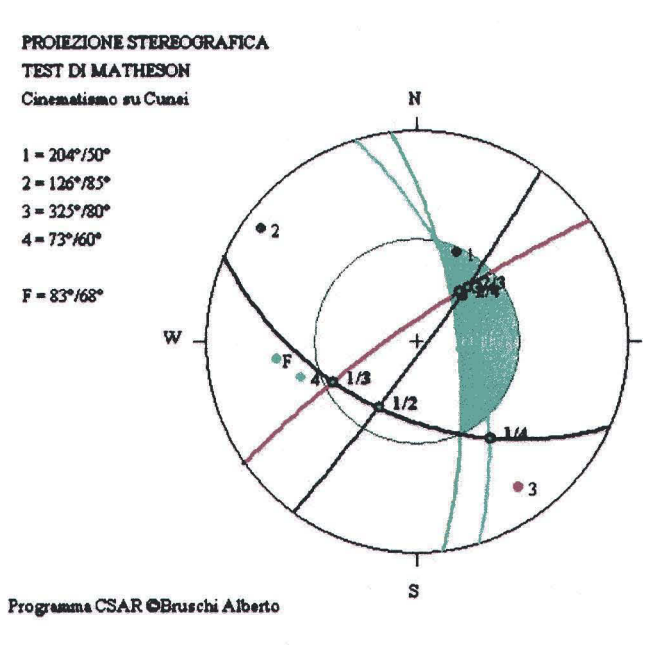



Dall'analisi del test di Matheson si evince la totale assenza di cinematismi piani o a cuneo.

SEZIONE 7 DIREZIONE INCLINAZIONE 83°/68°ALTEZZA SCAVO METRI 14




Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo piano dovuto al giunto 4 e tre cinematismi a cuneo dovuti alle coppie di giunti 2-3, 2-4 e 3-4.

ANALISI DELLO SCIVOLAMENTO DEL GIUNTO 4

ANALISI DETERMINISTICA

GEOMETRIA DEL PROBLEMA

| HF | In_F | In_Fs | In_P |
|---|---|---|---|
| 14,0 | 68,0 | 1,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
In_P = Inclinazione del piano di scivolamento (°)

Non si è imposta la presenza di frattura di trazione

PARAMETRI GEOMECCANICI

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS | JRC | phi_b |
|---|---|---|---|
| 27,0 | 48,5 | 8,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS = Parametro JCS del giunto (MPa)
JRC = Parametro JRC del giunto (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

RISULTATI

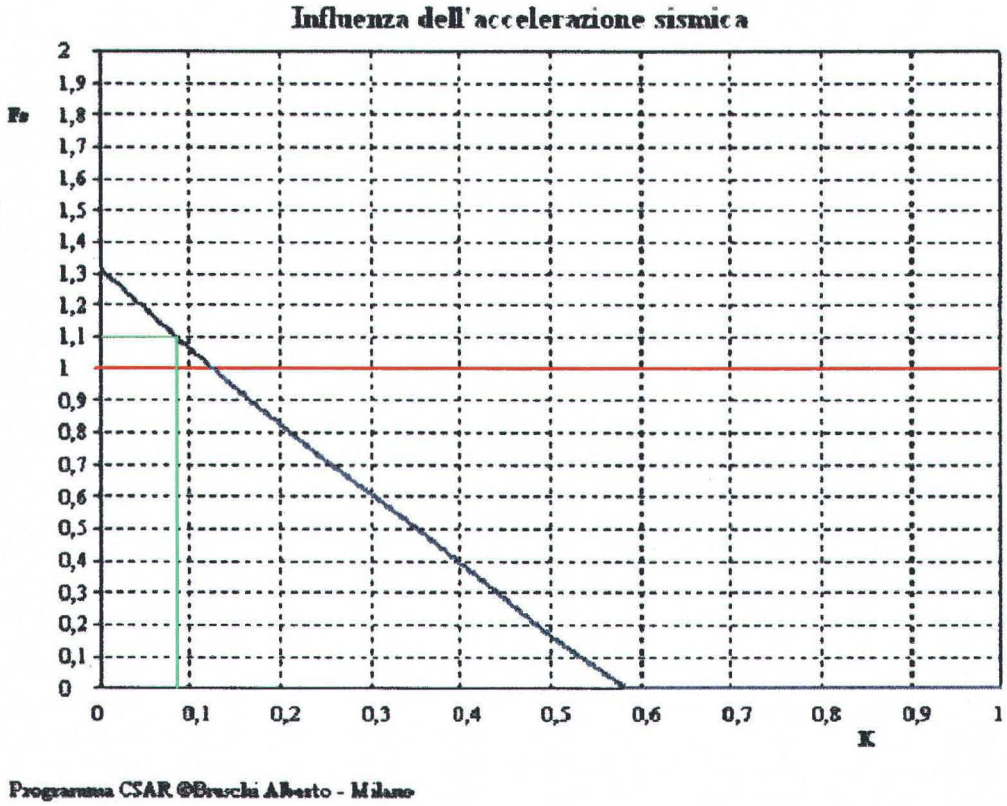
| L | W | f | N | T | S |
|---|---|---|---|---|---|
| 16,2 | 460,02 | 66,3 | 230,01 | 398,39 | 0,000 |

L = Lunghezza del piano di distacco (m)
W = Peso del blocco (kN)
f = Angolo d'attrito mobilitato (°)
N = Forze resistenti (kN)
T = Forze instabilizzanti (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

COEFFICIENTE DI SICUREZZA = 1,313

Il coefficiente sismico applicato è pari a 0,000

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 1,1

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2-3

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 1,0 | 126,0 | 85,0 | 325,0 | 80,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS_A | JRC_A | JCS_B | JRC_B | phi_b |
|---|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 48,8 | 10,0 | 48,8 | 10,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS_A = Parametro JCS del piano A (MPa)
JRC_A = Parametro JRC del piano A (-)
JCS_B = Parametro JCS del piano B (MPa)
JRC_B = Parametro JRC del piano B (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 29,33 | 22,92 | 275,0 | 403,57 | 416,01 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 42,3 |
| Inclinazione (°): | 51,3 |

Criterio di rottura di Barton

Angoli d'attrito di picco mobilitati secondo il criterio di Barton:

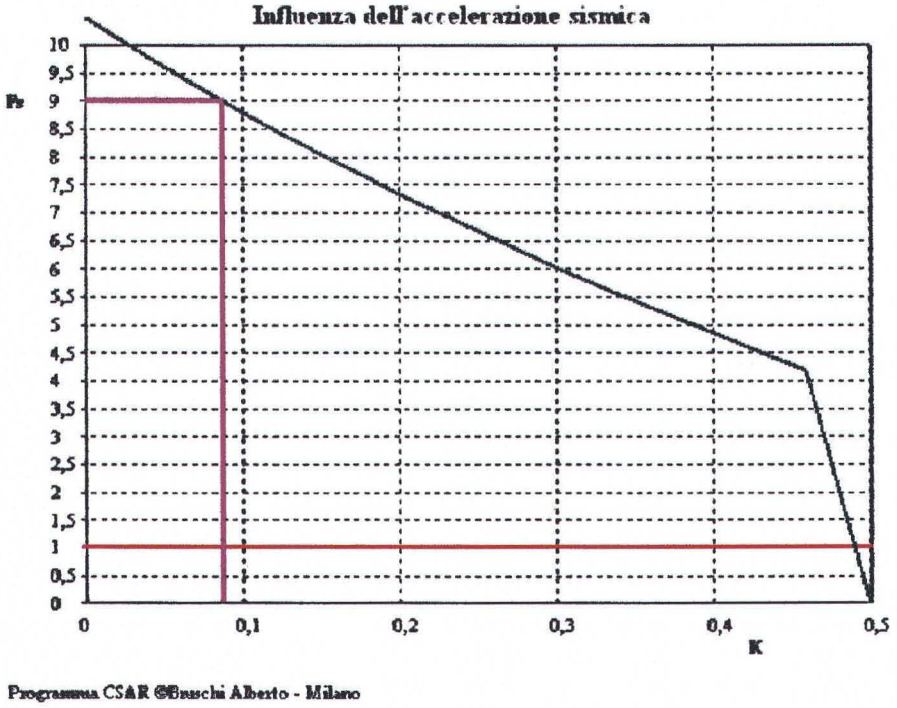
| | |
|---|---|
| nel Piano A (°): | 70,00 |
| nel Piano B (°): | 70,00 |

Coefficiente di Sicurezza = 10,487

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 9,0

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2-4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 1,0 | 126,0 | 85,0 | 73,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)

Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS_A | JRC_A | JCS_B | JRC_B | phi_b |
|---|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 48,8 | 10,0 | 48,5 | 8,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS_A = Parametro JCS del piano A (MPa)
JRC_A = Parametro JRC del piano A (-)
JCS_B = Parametro JCS del piano B (MPa)
JRC_B = Parametro JRC del piano B (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 15,61 | 70,53 | 973,6 | 0,00 | 486,80 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 43,6 |
| Inclinazione (°): | 56,5 |

Criterio di rottura di Barton

Angoli d'attrito di picco mobilitati secondo il criterio di Barton:

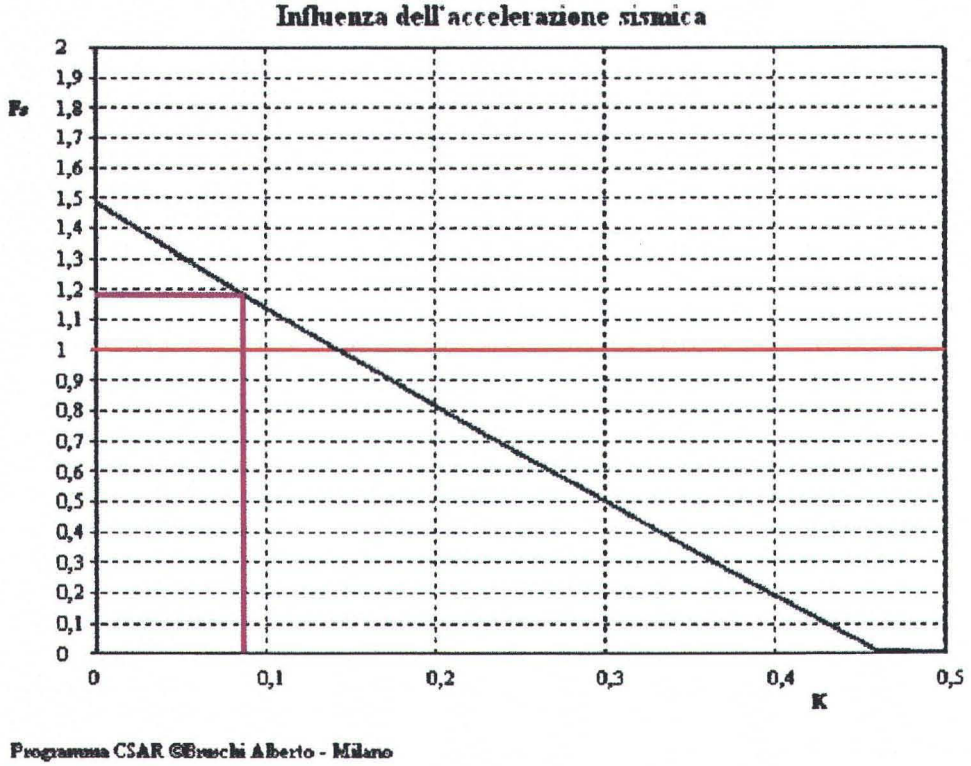
| | |
|---|---|
| nel Piano A (°): | 70,00 |
| nel Piano B (°): | 68,77 |

Coefficiente di Sicurezza = 1,487

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 1,17

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 3-4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 1,0 | 325,0 | 80,0 | 73,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS_A | JRC_A | JCS_B | JRC_B | phi_b |
|---|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 48,8 | 10,0 | 48,5 | 8,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS_A = Parametro JCS del piano A (MPa)
JRC_A = Parametro JRC del piano A (-)
JCS_B = Parametro JCS del piano B (MPa)
JRC_B = Parametro JRC del piano B (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 11,27 | 65,14 | 764,0 | 0,00 | 381,98 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
Q = Carico esterno applicato (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 40,1 |
| Inclinazione (°): | 55,5 |

Criterio di rottura di Barton

Angoli d'attrito di picco mobilitati secondo il criterio di Barton:

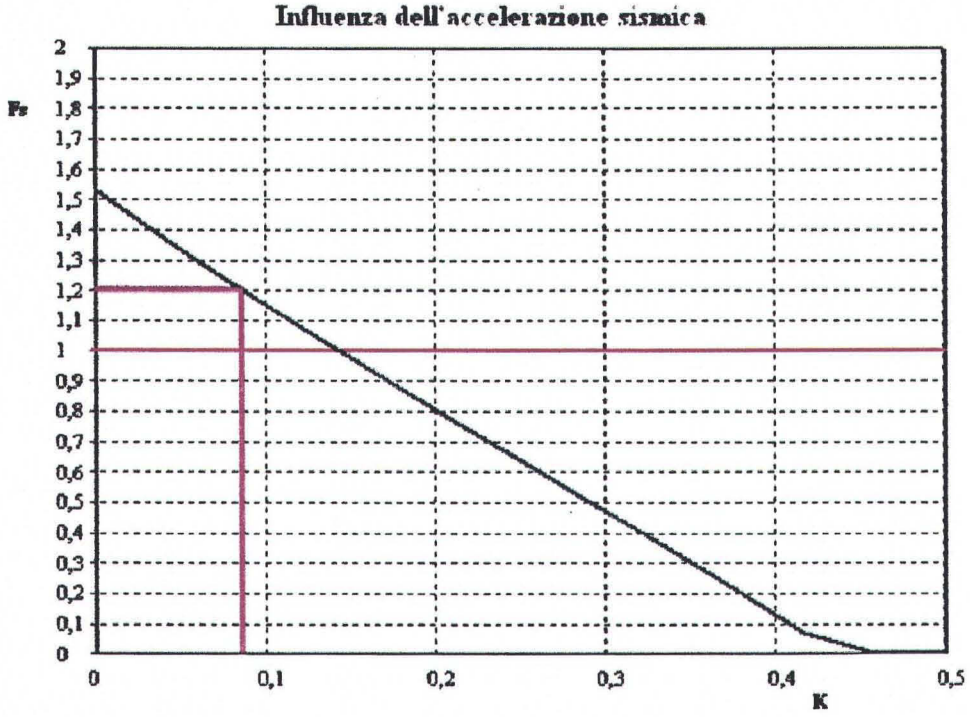
| | |
|---|---|
| nel Piano A (°): | 70,00 |
| nel Piano B (°): | 69,34 |

Coefficiente di Sicurezza = 1,531

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

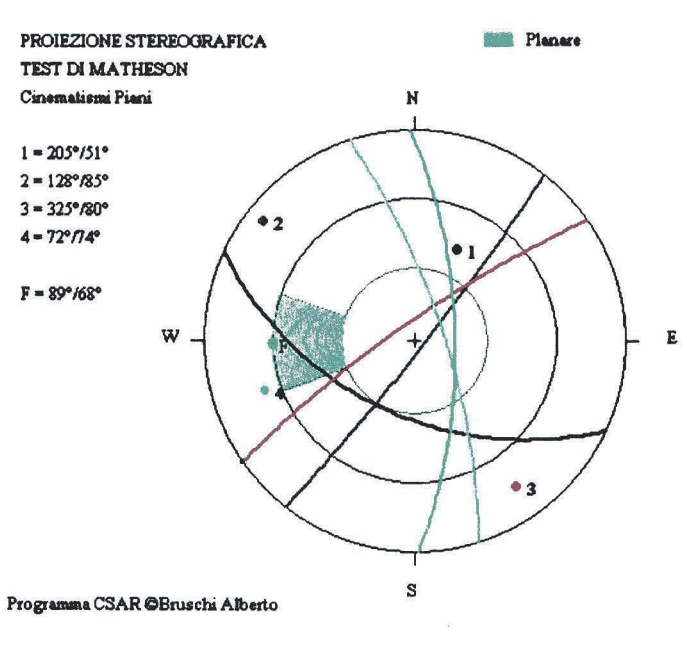
Circolazione idrica assente

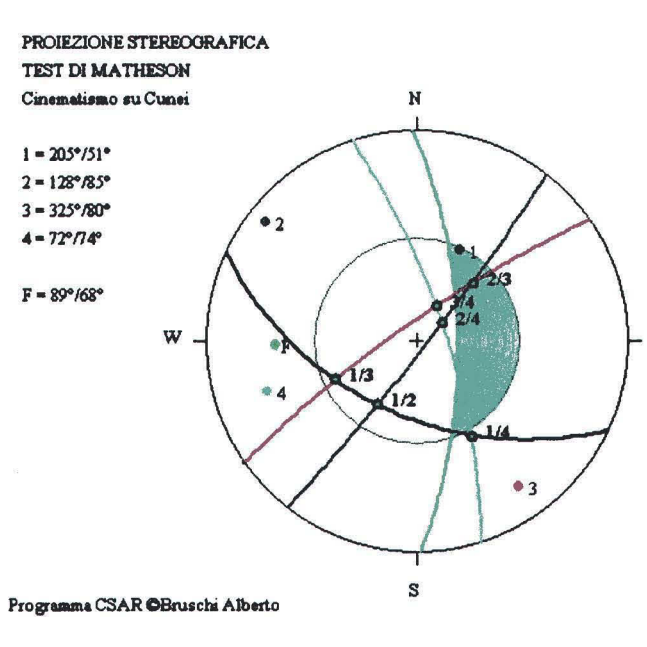
Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 1,2

## SEZIONE 9 DIREZIONE INCLINAZIONE 89°/68°ALTEZZA SCAVO METRI 14




Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo a cuneo dovuto alla coppia di giunti 2-3.

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2-3

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15,0 | 89,0 | 68,0 | 89,0 | 1,0 | 128,0 | 85,0 | 325,0 | 80,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS_A | JRC_A | JCS_B | JRC_B | phi_b |
|---|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 57,4 | 10,0 | 57,4 | 10,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS_A = Parametro JCS del piano A (MPa)

JRC_A = Parametro JRC del piano A (-)
JCS_B = Parametro JCS del piano B (MPa)
JRC_B = Parametro JRC del piano B (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 15,0 | 40,28 | 30,93 | 427,2 | 714,36 | 733,57 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 43,6 |
| Inclinazione (°): | 48,2 |

Criterio di rottura di Barton

Angoli d'attrito di picco mobilitati secondo il criterio di Barton:

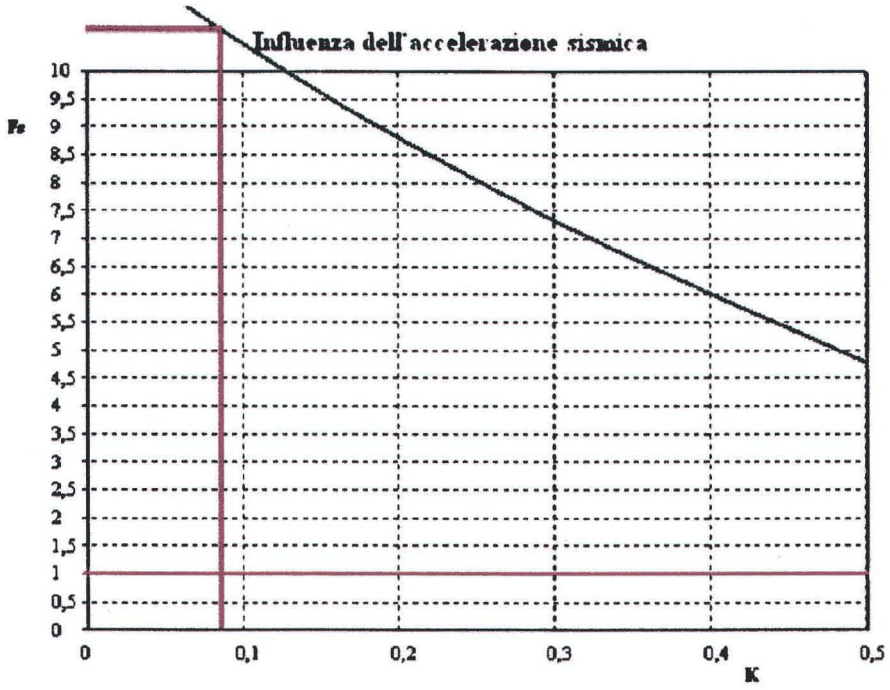
| | |
|---|---|
| nel Piano A (°): | 70,00 |
| nel Piano B (°): | 70,00 |

Coefficiente di Sicurezza = 12,489

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

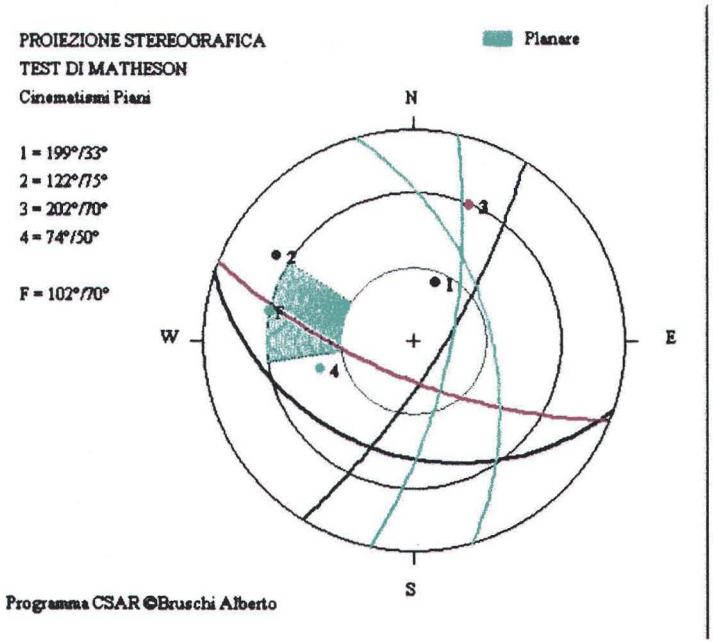
Circolazione idrica assente

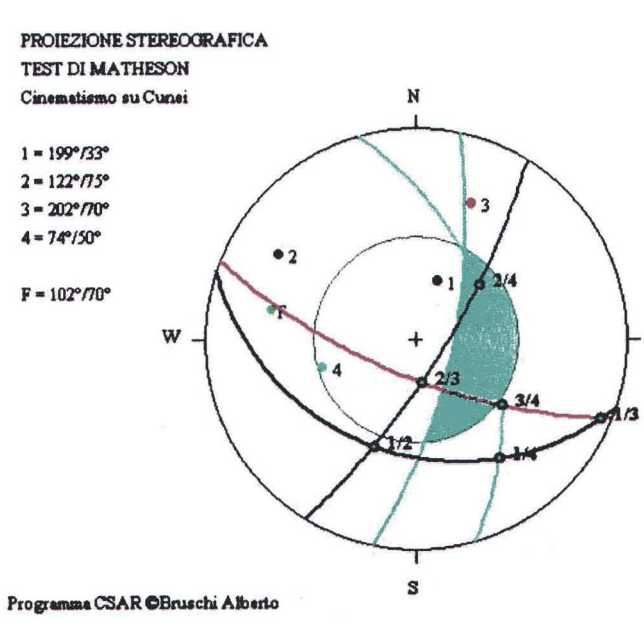
Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 10,74

SEZIONE 13 DIREZIONE INCLINAZIONE 102°/70°ALTEZZA SCAVO METRI 14




Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo a cuneo dovuto alle famiglie 2-4.

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2-4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 102,0 | 70,0 | 102,0 | 1,0 | 122,0 | 75,0 | 74,0 | 50,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

| gamma | JCS_A | JRC_A | JCS_B | JRC_B | phi_b |
|---|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 57,1 | 8,0 | 57,1 | 8,0 | 38,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
JCS_A = Parametro JCS del piano A (MPa)
JRC_A = Parametro JRC del piano A (-)
JCS_B = Parametro JCS del piano B (MPa)
JRC_B = Parametro JRC del piano B (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 56,99 | 52,36 | 2102,5 | 0,00 | 1351,48 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 48,8 |
| Inclinazione (°): | 47,2 |

Criterio di rottura di Barton

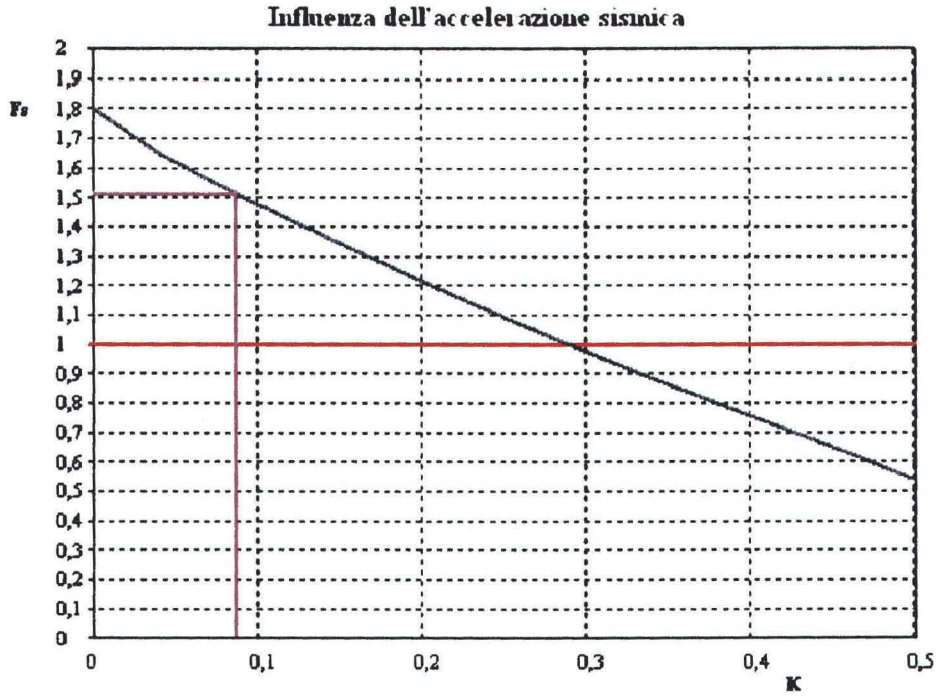
Angoli d'attrito di picco mobilitati secondo il criterio di Barton:

| | |
|---|---|
| nel Piano A (°): | 70,00 |
| nel Piano B (°): | 64,76 |

Coefficiente di Sicurezza = 1,780

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente




Per un'accelerazione "ag" pari a 0,087g calcolata in funzione del sito nelle condizioni SLV si ottiene un coefficiente di sicurezza FS = 1,51

## TABELLA RIASSUNTIVA DELLE ANALISI EFFETTUATE

| Sezione | Cinematismi | Fattore di sicurezza in condizioni statiche | Fattore di sicurezza in condizioni sismiche |
|---|---|---|---|
| **1** | Nessun cinematismo | --- | --- |
| **7** | Piano 4 | 1,313 | 1,1 |
| | Cuneo 2-3 | 10,487 | 9 |
| | Cuneo 2-4 | 1,487 | 1,17 |
| | Cuneo 3-4 | 1,531 | 1,2 |
| **9** | Cuneo 2-3 | 12,48 | 10,74 |
| **13** | Cuneo 2-4 | 1,78 | 1,51 |

## ANALISI EFFETTUATE UTILIZZANDO IL CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK-BROWN – NTC 2008

Condizioni statiche

In mancanza di un riferimento diretto in NTC2008, si richiama, in parte, quanto espresso da EC7 § 11.5.2 e, in parte, da NTC2008. Pertanto, dovendosi verificare lo stato limite ultimo di resistenza del terreno (GEO) ed estrapolando l'approccio al caso di fronti di scavo (NTC2008 § 6.8), si è adottato l'Approccio 1 Combinazione 2 di coefficienti parziali (A2+M2+R2), e utilizzato valori = 1 per il coefficiente di amplificazione del carico (azione permanente) e ridotto i parametri geotecnici e la resistenza di progetto in base ai relativi coefficienti parziali.

In condizioni statiche la combinazione fondamentale dei carichi, dovuta alla sola azione permanente esercitata dal peso proprio del terreno ($G_1$), si riduce a $\gamma_{G1}G_1$, in cui $\gamma_{G1}$ è il coefficiente parziale per le azioni permanenti, quindi $\gamma_{G1}G_1 = G_1$.

Si rammenta che tale criterio di analisi che assume il principio di comportamento del mezzo introdotto da Mohr-Coulomb nell'ambito delle analisi delle condizioni di rottura è ammissibile in un contesto di roccia giuntata in presenza di matrice intesa come prodotto dell'alterazione della roccia madre lungo i giunti di discontinuità che localmente la caratterizzano.

Solo nel caso di cui sopra valgono i criteri d'analisi proposti da NTC2008 per i fronti di scavo (paragrafo 6.8.II).

Pertanto, per le verifiche di stabilità globale, sono applicabili metodi all'equilibrio limite. Ricordando l'equazione formale 2.2.1 di NTC2008 e la definizione di resistenza di progetto (NTC2008 6.2.3), si hanno condizioni di stabilità quando:

$$\frac{R}{E_d} = \frac{R}{G_1} \geq \gamma_R \qquad (7)$$

ove

- $R$ = resistenza del sistema geotecnico;
- $E_d$ = effetto delle azioni di progetto, dovute al peso proprio del terreno ($G_1$);
- $\gamma_R$ = coefficiente parziale R2 per le resistenze del sistema geotecnico, pari a 1,1 (NTC2008 Tabella 6.8.I).

Con $R$ ed $E_d$ determinate adottando, rispettivamente, i coefficienti parziali riduttivi e amplificativi M2 e A2 indicati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II di NTC2008 e di seguito riportati:

Tabella 2.
Coefficienti parziali per l'effetto delle azioni e per i parametri geotecnici del sistema

| | |
|---|---|
| Carichi permanenti (peso proprio del terreno) | $\gamma_{G1} = 1,0$ |
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio di base dei giunti | $\gamma_{\varphi'} = 1,25$ |
| Coesione efficace del materiale di riempimento dei giunti | $\gamma_{c'} = 1,25$ |
| Resistenza a compressione uniassiale | $\gamma_{qu} = 1,6$ |

Condizioni dinamiche

L'analisi viene condotta valutando un incremento delle forze agenti lungo le superfici di scivolamento, mediante l'introduzione di forze inerziali pseudostatiche (Fh) calcolate a partire dall'accelerazione orizzontale attesa al suolo "ag", che determina una riduzione del valore del fattore di sicurezza assunto dall'analisi in condizioni statiche, mediante interpolazione lineare tra gli estremi del range di misura (valori di accelerazione e del Fattore di sicurezza).

SEZIONE 1 DIREZIONE INCLINAZIONE 66°/80°ALTEZZA SCAVO METRI 22,4

Dall'analisi del test di Matheson si evince la totale assenza di cinematismi piani o a cuneo.

SEZIONE 7 DIREZIONE INCLINAZIONE 83°/68°ALTEZZA SCAVO METRI 14

Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo piano dovuto al giunto 4 e tre cinematismi a cuneo dovuti alle coppie di giunti 2-3, 2-4 e 3-4.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 56

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

| mi | mp | mr | si | sp | sr |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 0,5179 | 0,0400 | 1 | 0,0007 | 0,000002 |

mi = Parametro m della roccia intatta
mp = Parametro m di picco dell'ammasso
mr = Parametro m residuo dell'ammasso
si = Parametro s della roccia intatta
sp = Parametro s di picco dell'ammasso
sr = Parametro s residuo dell'ammasso

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb – Valido per giunti in presenza di matrice

Parametri geomeccanici

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 49,1 | 222 | 49,1 | 222 |

Riduzione parametri resistenza a taglio mediante Combinazione 1 Approccio 2 (GEO)

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 42,7 | 177 | 42,7 | 177 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
phi_A = Angolo d'attrito piano A (°)

c_A = Coesione piano A (kPa))
phi_B = Angolo d'attrito piano B (°)
c_B = Coesione piano B (kPa))

ANALISI DELLO SCIVOLAMENTO DEL GIUNTO 4

ANALISI DETERMINISTICA

GEOMETRIA DEL PROBLEMA

| HF | In_F | In_Fs | In_P |
|---|---|---|---|
| 14,0 | 68,0 | 5,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
In_P = Inclinazione del piano di scivolamento (°)

Non si è imposta la presenza di frattura di trazione

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

RISULTATI

| L | W | f | N | T | S |
|---|---|---|---|---|---|
| 16,4 | 465,94 | 42,7 | 232,97 | 403,52 | 0,000 |

L = Lunghezza del piano di distacco (m)
W = Peso del blocco (kN)
f = Angolo d'attrito mobilitato (°)
N = Forze resistenti (kN)
T = Forze instabilizzanti (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

COEFFICIENTE DI SICUREZZA = 7,737

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 7,033

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 7,033 |
| 0,083 | 6,64 |
| 0,167 | 6,29 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 6,62

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2 - 3

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 5,0 | 126,0 | 85,0 | 325,0 | 80,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | Area T | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 29,77 | 23,26 | 0,00 | 279,2 | 409,66 | 422,29 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 42,3 |
| Inclinazione (°): | 51,3 |

Coefficiente di Sicurezza = 46,590

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 42,35

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 42,35 |
| 0,083 | 38,26 |
| 0,125 | 36,49 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 38,09

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2 - 4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 5,0 | 126,0 | 85,0 | 73,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | Area T | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 15,74 | 71,09 | 0,00 | 981,4 | 0,00 | 490,69 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 43,6 |
| Inclinazione (°): | 56,5 |

Coefficiente di Sicurezza = 15,339

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 13,94

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 13,94 |
| 0,083 | 12,72 |

| | |
|---|---|
| 0,125 | 12,18 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 12,66

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO Del cuneo 3 - 4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 83,0 | 68,0 | 83,0 | 5,0 | 325,0 | 80,0 | 73,0 | 60,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | Area T | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 11,35 | 65,62 | 0,00 | 769,6 | 0,00 | 384,80 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 40,1 |
| Inclinazione (°): | 55,5 |

Coefficiente di Sicurezza = 17,959

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 16,32

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 16,32 |
| 0,083 | 14,89 |
| 0,125 | 14,27 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 14,83

SEZIONE 9 DIREZIONE INCLINAZIONE 89°/68°ALTEZZA SCAVO METRI 14

Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo a cuneo dovuto alla coppia di giunti 2-3.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 56

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

| mi | mp | mr | si | sp | sr |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 0,5179 | 0,0400 | 1 | 0,0007 | 0,000002 |

mi = Parametro m della roccia intatta
mp = Parametro m di picco dell'ammasso
mr = Parametro m residuo dell'ammasso
si = Parametro s della roccia intatta
sp = Parametro s di picco dell'ammasso
sr = Parametro s residuo dell'ammasso

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb – Valido per giunti in presenza di matrice

Parametri geomeccanici

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 50 | 245 | 50 | 245 |

Riduzione parametri resistenza a taglio mediante Combinazione 1 Approccio 2 (GEO)

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 43,6 | 196,0 | 43,6 | 196,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
phi_A = Angolo d'attrito piano A (°)
c_A = Coesione piano A (kPa))
phi_B = Angolo d'attrito piano B (°)
c_B = Coesione piano B (kPa))

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2 - 3

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 89,0 | 68,0 | 89,0 | 5,0 | 128,0 | 85,0 | 325,0 | 80,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | Area T | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 35,67 | 27,39 | 0,00 | 353,1 | 590,49 | 606,37 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 43,6 |
| Inclinazione (°): | 48,2 |

Coefficiente di Sicurezza = 51,277

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 46,62

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 46,62 |
| 0,083 | 41,92 |

| | |
|---|---|
| 0,125 | 39,90 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 41,73

SEZIONE 13 DIREZIONE INCLINAZIONE 102°/70°ALTEZZA SCAVO METRI 14

Dall'analisi del test di Matheson si evince la presenza di un cinematismo a cuneo dovuto alle famiglie 2-4.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 55

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

| mi | mp | mr | si | sp | sr |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 0,4822 | 0,0390 | 1 | 0,0006 | 0,000002 |

mi = Parametro m della roccia intatta
mp = Parametro m di picco dell'ammasso
mr = Parametro m residuo dell'ammasso
si = Parametro s della roccia intatta
sp = Parametro s di picco dell'ammasso
sr = Parametro s residuo dell'ammasso

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb – Valido per giunti in presenza di matrice

Parametri geomeccanici

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 49,5 | 230 | 49,5 | 230 |

Riduzione parametri resistenza a taglio mediante Combinazione 1 Approccio 2 (GEO)

| gamma | phi_A | c_A | phi_B | c_B |
|---|---|---|---|---|
| 27,0 | 43,1 | 184,0 | 43,1 | 184,0 |

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)
phi_A = Angolo d'attrito piano A (°)
c_A = Coesione piano A (kPa))
phi_B = Angolo d'attrito piano B (°)
c_B = Coesione piano B (kPa))

ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DEL CUNEO 2-4

Geometria e Giaciture

| HF | Im_F | In_F | Im_Fs | In_Fs | Im_A | In_A | Im_B | In_B |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 102,0 | 70,0 | 102,0 | 5,0 | 122,0 | 75,0 | 74,0 | 50,0 |

HF = Altezza del fronte (m)
Im_F = Immersione del fronte (°)
In_F = Inclinazione del fronte (°)
Im_Fs = Immersione fronte superiore (°)
In_Fs = Inclinazione fronte superiore (°)
Im_A = Immersione del piano A (°)
In_A = Inclinazione del piano A (°)
Im_B = Immersione del piano B (°)
In_B = Inclinazione del piano B (°)

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Risultati della analisi

| H | Area A | Area B | Area T | W | N_A | N_B | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14,0 | 57,80 | 53,10 | 0,00 | 2132,3 | 0,00 | 1370,65 | 0,000 |

H = Altezza del cuneo (m)
Area A = Area del piano A (mq)
Area B = Area del piano B (mq)
Area T = Area della frattura di trazione (mq)
W = Peso del cuneo (kN)
N_A = Reazione sul piano A (kN)
N_B = Reazione sul piano B (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

Retta d'intersezione dei piani

| | |
|---|---|
| Direzione (°): | 48,8 |
| Inclinazione (°): | 47,2 |

Coefficiente di Sicurezza = 6,766

Applicando il fattore di riduzione gr alle tensioni resistenti del sistema si ottiene il fattore del coefficiente di sicurezza definitivo in osservanza di NTC2008 (Approccio 1 Combinazione 2 GEO).

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Statiche = 6,15

Analisi dell'influenza dell'accelerazione sismica sul coefficiente di sicurezza

| K | Fs |
|---|---|
| 0,000 | 6,15 |
| 0,083 | 5,54 |
| 0,125 | 5,28 |

Coefficiente di Sicurezza Condizioni Dinamiche per "ag" = 0,087 Fs = 5,51

**TABELLA RIASSUNTIVA DELLE ANALISI EFFETTUATE**

| Sezione | Cinematismi | Fattore di sicurezza in condizioni statiche | Fattore di sicurezza in condizioni sismiche |
|---|---|---|---|
| **1** | Nessun cinematismo | --- | --- |
| **7** | Piano 4 | 7,033 | 6,62 |
| | Cuneo 2-3 | 42,35 | 38,09 |
| | Cuneo 2-4 | 13,94 | 12,66 |
| | Cuneo 3-4 | 16,32 | 14,83 |
| **9** | Cuneo 2-3 | 46,73 | 41,73 |
| **13** | Cuneo 2-4 | 6,15 | 5,51 |

# VERIFICHE STABILITA' COLMATA SEZIONI 6, 7, 9, 10, 12 E 13

**Definizione**
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

**Introduzione all'analisi di stabilità**
La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.
Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:
(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ($\varphi$), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

**Metodo equilibrio limite (LEM)**
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ($\tau$) e confrontate con la resistenza disponibile ($\tau_f$), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.
Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).
Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

**Metodo dei conci**
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a $n$, il problema presenta le seguenti incognite:

$n$ valori delle forze normali $N_i$ agenti sulla base di ciascun concio;
$n$ valori delle forze di taglio alla base del concio $T_i$
$(n-1)$ forze normali $E_i$ agenti sull'interfaccia dei conci;
$(n-1)$ forze tangenziali $X_i$ agenti sull'interfaccia dei conci;
$n$ valori della coordinata $a$ che individua il punto di applicazione delle $E_i$;
$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle $X_i$;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

**Complessivamente le incognite sono *(6n-2)*.**

*mentre le equazioni a disposizione sono:*
Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
Equazioni relative al criterio di rottura *n*
Totale numero di equazioni *4n*

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a *(n-2)* in quando si fa l'assunzione che
$N_i$ sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le *(n-2)* indeterminazioni.

***Metodo di JANBU (1967)***
*Janbu* estese il metodo di *Bishop* a superfici si scorrimento di forma qualsiasi.
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\Sigma\left\{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\right\} \times \dfrac{\sec^2\alpha_i}{1+\tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \tan\alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.
*Janbu* propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:
$F_{corretto} = f_O F$

dove $f_O$ è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.
Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

## VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$
$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:
$F_H$ e $F_V$ rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
$K_O$: Coefficiente sismico orizzontale
$K_V$: Coefficiente sismico verticale.

**Calcolo coefficienti sismici**
Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti $K_O$ e $K_V$ in dipendenza di vari fattori:

$$K_O = \beta s \times (a_{max}/g)$$
$$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$$

Con

**βs** coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
**$a_{max}$** accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
**g** accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \, S_T \, a_g$$

$S_S$ (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di $F_0$ (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
$S_T$ (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di $S_T$ varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

***T1*** *($S_T = 1.0$)* ***T2*** *($S_T = 1.20$)* ***T3*** *($S_T = 1.20$)* ***T4*** *($S_T = 1.40$).*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1\text{-}PVR)$

Con $V_R$ vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di

riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso $V_R$ dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

| | | |
|---|---|---|
| Tipo opera: | 2 - Opere ordinarie | |
| Classe d'uso: | Classe II | |
| Vita nominale: | 50,0 | [anni] |
| Vita di riferimento: | 50,0 | [anni] |

**Parametri sismici su sito di riferimento**

| | |
|---|---|
| Categoria sottosuolo: | A |
| Categoria topografica: | T3 |

| S.L.<br>Stato limite | TR<br>Tempo ritorno<br>[anni] | ag<br>[m/s²] | F0<br>[-] | TC*<br>[sec] |
|---|---|---|---|---|
| S.L.O. | 30,0 | 0,27 | 2,48 | 0,2 |
| S.L.D. | 50,0 | 0,34 | 2,53 | 0,21 |
| S.L.V. | 475,0 | 0,87 | 2,48 | 0,28 |
| S.L.C. | 975,0 | 1,16 | 2,46 | 0,29 |

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

| | |
|---|---|
| Opera: | Stabilità dei pendii |

| S.L.<br>Stato limite | amax<br>[m/s²] | beta<br>[-] | kh<br>[-] | kv<br>[sec] |
|---|---|---|---|---|
| S.L.O. | 0,324 | 0,2 | 0,0066 | 0,0033 |
| S.L.D. | 0,408 | 0,2 | 0,0083 | 0,0042 |
| S.L.V. | 1,044 | 0,2 | 0,0213 | 0,0106 |
| S.L.C. | 1,392 | 0,27 | 0,0383 | 0,0192 |

| | |
|---|---|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0,021 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0,011 |

## SEZIONE 6

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 20,43 | 14,97 |
| 2 | 25,18 | 21,53 |
| 3 | 29,46 | 26,13 |
| 4 | 40,9 | 32,26 |
| 5 | 42,89 | 32,47 |
| 6 | 45,21 | 33,18 |
| 7 | 48,28 | 33,79 |
| 8 | 63,34 | 34,34 |
| 9 | 75,94 | 34,61 |
| 10 | 80,36 | 34,75 |
| 11 | 82,08 | 34,92 |
| 12 | 83,18 | 35,01 |
| 13 | 84,28 | 35,27 |
| 14 | 85,94 | 35,94 |
| 15 | 92,08 | 36,87 |
| 16 | 98,19 | 37,88 |
| 17 | 107,02 | 38,3 |
| 18 | 108,43 | 38,36 |
| 19 | 122,26 | 50,68 |
| 20 | 126,36 | 54,06 |
| 21 | 135,83 | 57,18 |
| 22 | 136,92 | 57,26 |
| 23 | 141,93 | 57,47 |
| 24 | 143,16 | 58,54 |
| 25 | 158,91 | 72,06 |
| 26 | 160,99 | 72,81 |
| 27 | 164,03 | 73,97 |
| 28 | 173,51 | 74,82 |
| 29 | 192,88 | 76,4 |
| 30 | 199,59 | 78,14 |
| 31 | 199,59 | 78,14 |
| 32 | 207,28 | 77,87 |
| 33 | 213,3 | 91,83 |
| 34 | 221,31 | 91,57 |
| 35 | 227,01 | 105,51 |
| 36 | 235,02 | 105,27 |
| 37 | 240,72 | 119,2 |
| 38 | 248,74 | 118,98 |
| 39 | 254,44 | 132,88 |
| 40 | 262,45 | 132,68 |
| 41 | 268,16 | 135,75 |
| 42 | 276,17 | 135,52 |
| 43 | 281,88 | 149,87 |
| 44 | 292,86 | 159,4 |
| 45 | 305,0 | 169,74 |
| 46 | 306,05 | 169,97 |
| 47 | 313,45 | 172,91 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 20,19 | 15,81 |
| 2 | 24,25 | 22,19 |
| 3 | 29,47 | 27,12 |
| 4 | 39,91 | 32,63 |
| 5 | 42,81 | 32,92 |
| 6 | 46,87 | 34,37 |
| 7 | 80,51 | 35,24 |
| 8 | 87,19 | 36,69 |
| 9 | 99,37 | 38,14 |
| 10 | 109,23 | 38,43 |
| 11 | 115,9 | 39,88 |
| 12 | 123,34 | 41,81 |
| 13 | 130,8 | 44,11 |
| 14 | 140,12 | 47,12 |
| 15 | 151,74 | 50,85 |
| 16 | 166,08 | 55,58 |
| 17 | 179,42 | 61,18 |
| 18 | 185,5 | 64,53 |
| 19 | 193,91 | 64,53 |
| 20 | 199,13 | 78,45 |
| 21 | 206,96 | 78,16 |
| 22 | 213,05 | 92,09 |
| 23 | 221,17 | 92,09 |
| 24 | 226,39 | 105,43 |
| 25 | 234,8 | 105,72 |
| 26 | 240,31 | 119,35 |
| 27 | 247,27 | 119,35 |
| 28 | 253,37 | 133,27 |
| 29 | 261,78 | 132,98 |
| 30 | 267,87 | 136,17 |
| 31 | 275,41 | 136,46 |
| 32 | 281,5 | 150,38 |
| 33 | 304,41 | 170,39 |
| 34 | 313,11 | 173,29 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 20,43 | 14,97 |
| 2 | 25,18 | 21,53 |
| 3 | 29,46 | 26,13 |
| 4 | 40,9 | 32,26 |
| 5 | 42,89 | 32,47 |
| 6 | 45,21 | 33,18 |
| 7 | 48,28 | 33,79 |
| 8 | 63,34 | 34,34 |
| 9 | 80,36 | 34,45 |
| 10 | 83,18 | 34,82 |
| 11 | 88,21 | 33,79 |
| 12 | 113,38 | 32,29 |
| 13 | 126,36 | 32,32 |
| 14 | 158,91 | 37,07 |
| 15 | 166,5 | 36,8 |
| 16 | 169,18 | 43,36 |
| 17 | 172,18 | 50,76 |
| 18 | 180,18 | 50,47 |
| 19 | 185,88 | 64,45 |
| 20 | 194,62 | 64,17 |
| 21 | 199,59 | 78,14 |
| 22 | 207,28 | 77,87 |
| 23 | 213,3 | 91,83 |
| 24 | 221,31 | 91,57 |
| 25 | 227,01 | 105,51 |
| 26 | 235,02 | 105,27 |
| 27 | 240,72 | 119,2 |
| 28 | 248,74 | 118,98 |
| 29 | 254,44 | 132,88 |
| 30 | 262,45 | 132,68 |
| 31 | 268,16 | 135,75 |
| 32 | 276,17 | 135,52 |
| 33 | 281,88 | 149,87 |
| 34 | 292,86 | 159,4 |
| 35 | 305,0 | 169,74 |
| 36 | 306,05 | 169,97 |
| 37 | 313,45 | 172,91 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 85,49 | 35,86 |
| 2 | 116,3 | 32,78 |
| 3 | 128,82 | 33,74 |
| 4 | 158,28 | 37,79 |
| 5 | 171,37 | 50,88 |
| 6 | 185,04 | 64,55 |
| 7 | 196,21 | 75,53 |
| 8 | 197,16 | 77,57 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 109,0 | 38,99 |
| 2 | 117,98 | 38,54 |
| 3 | 147,96 | 42,85 |
| 4 | 167,16 | 50,62 |
| 5 | 187,0 | 68,3 |
| 6 | 194,98 | 74,99 |
| 7 | 196,68 | 77,44 |

**Vertici superficie Nr...3**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 142,49 | 58,08 |
| 2 | 145,8 | 57,09 |
| 3 | 161,76 | 57,3 |
| 4 | 178,59 | 63,34 |
| 5 | 188,08 | 70,67 |
| 6 | 193,68 | 75,42 |
| 7 | 194,76 | 76,94 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.05 | | 33 | 17.5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2.28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,13**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 11,14 | -5,7 | 11,2 | 78,28 | 1,64 | 0,86 | 0,04 | 27,5 | 18,6 | 88,2 | 95,9 |
| 2 | 11,14 | -5,7 | 11,2 | 318,82 | 6,7 | 3,51 | 0,04 | 27,5 | 39,8 | 344,1 | 237,9 |
| 3 | 11,14 | -3,2 | 11,16 | 1876,43 | 39,41 | 20,64 | 0,04 | 27,5 | 59,5 | 1256,0 | 741,2 |
| 4 | 11,14 | 4,8 | 11,18 | 3748,19 | 78,71 | 41,23 | 0,04 | 27,5 | 85,9 | 2671,5 | 1527,4 |
| 5 | 11,14 | 7,8 | 11,25 | 4382,37 | 92,03 | 48,21 | 0,04 | 27,5 | 108,2 | 2974,7 | 1705,5 |
| 6 | 11,14 | 7,8 | 11,25 | 4989,47 | 104,78 | 54,88 | 0,04 | 27,5 | 128,4 | 3333,5 | 1905,5 |
| 7 | 11,14 | 29,1 | 12,76 | 6100,14 | 128,1 | 67,1 | 0,04 | 27,5 | 126,1 | 4087,8 | 2645,1 |
| 8 | 11,14 | 45,0 | 15,76 | 5003,36 | 105,07 | 55,04 | 0,04 | 27,5 | 79,8 | 3705,7 | 2987,0 |
| 9 | 11,14 | 45,0 | 15,75 | 3016,09 | 63,34 | 33,18 | 0,04 | 27,5 | 17,8 | 2524,9 | 2063,2 |
| 10 | 11,14 | 47,2 | 16,39 | 936,35 | 19,66 | 10,3 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 816,9 | 764,2 |

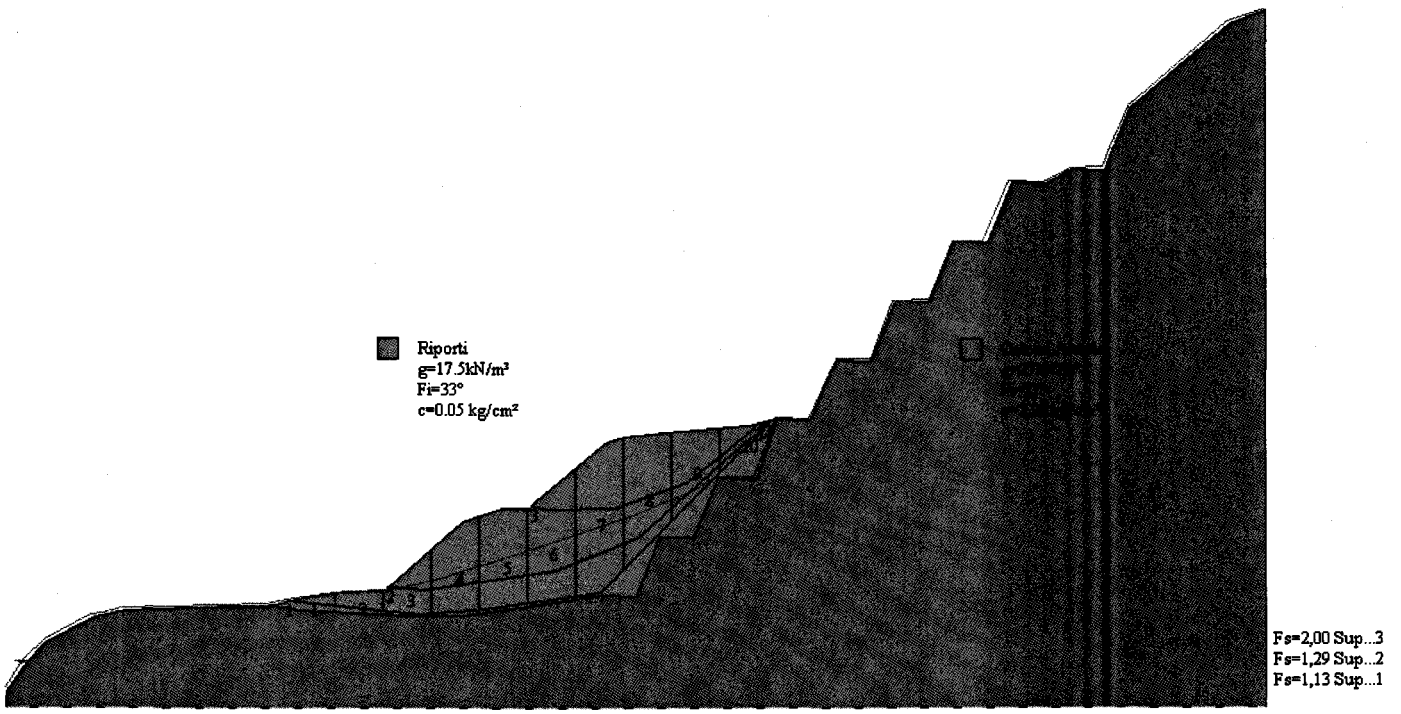
**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,29**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 8,75 | -2,9 | 8,76 | 630,65 | 13,24 | 6,94 | 0,04 | 27,5 | 5,9 | 596,1 | 319,7 |
| 2 | 8,75 | 8,1 | 8,84 | 1763,23 | 37,03 | 19,4 | 0,04 | 27,5 | 23,3 | 1470,3 | 748,4 |
| 3 | 8,75 | 8,2 | 8,84 | 2324,48 | 48,81 | 25,57 | 0,04 | 27,5 | 36,9 | 1886,5 | 951,4 |
| 4 | 8,75 | 8,2 | 8,84 | 2405,5 | 50,52 | 26,46 | 0,04 | 27,5 | 52,3 | 1835,9 | 926,7 |
| 5 | 8,75 | 16,2 | 9,11 | 2995,18 | 62,9 | 32,95 | 0,04 | 27,5 | 61,2 | 2238,1 | 1158,2 |
| 6 | 8,75 | 22,0 | 9,44 | 3679,81 | 77,28 | 40,48 | 0,04 | 27,5 | 59,4 | 2840,6 | 1514,4 |
| 7 | 8,75 | 30,3 | 10,13 | 3554,32 | 74,64 | 39,1 | 0,04 | 27,5 | 45,3 | 2836,5 | 1626,4 |
| 8 | 8,75 | 41,7 | 11,72 | 2684,43 | 56,37 | 29,53 | 0,04 | 27,5 | 18,0 | 2341,3 | 1569,3 |
| 9 | 8,75 | 41,5 | 11,69 | 1603,02 | 33,66 | 17,63 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1474,2 | 1006,4 |
| 10 | 8,75 | 43,6 | 12,08 | 480,96 | 10,1 | 5,29 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 426,5 | 344,6 |

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=2,00**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 5,21 | -10,1 | 5,3 | 247,19 | 5,19 | 2,72 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 268,3 | 97,8 |
| 2 | 5,21 | 0,8 | 5,21 | 694,65 | 14,59 | 7,64 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 691,6 | 228,2 |
| 3 | 5,21 | 0,8 | 5,21 | 1096,4 | 23,02 | 12,06 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1091,7 | 353,1 |
| 4 | 5,21 | 7,1 | 5,25 | 1384,31 | 29,07 | 15,23 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1341,3 | 434,4 |
| 5 | 5,21 | 19,7 | 5,54 | 1396,75 | 29,33 | 15,36 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1330,3 | 455,1 |
| 6 | 5,21 | 19,7 | 5,54 | 1268,69 | 26,64 | 13,96 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1207,9 | 414,5 |
| 7 | 5,21 | 21,7 | 5,61 | 1129,17 | 23,71 | 12,42 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1076,3 | 375,9 |
| 8 | 5,21 | 37,7 | 6,59 | 889,61 | 18,68 | 9,79 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 896,1 | 373,1 |
| 9 | 5,21 | 38,4 | 6,65 | 556,19 | 11,68 | 6,12 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 559,0 | 242,7 |
| 10 | 5,21 | 43,8 | 7,22 | 178,66 | 3,75 | 1,97 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 177,9 | 100,5 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



## SEZIONE 7

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 13,27 | 10,95 |
| 3 | 18,96 | 11,02 |
| 4 | 21,55 | 12,2 |
| 5 | 29,42 | 14,94 |
| 6 | 39,09 | 18,7 |
| 7 | 42,03 | 20,73 |
| 8 | 47,68 | 22,11 |
| 9 | 50,89 | 22,41 |
| 10 | 52,93 | 25,04 |
| 11 | 57,11 | 25,99 |
| 12 | 58,17 | 28,75 |
| 13 | 66,4 | 29,26 |
| 14 | 69,99 | 29,65 |
| 15 | 72,8 | 29,25 |
| 16 | 91,57 | 33,98 |
| 17 | 98,08 | 37,15 |
| 18 | 116,79 | 44,56 |
| 19 | 134,78 | 46,71 |
| 20 | 146,41 | 48,68 |
| 21 | 158,19 | 54,7 |
| 22 | 166,45 | 63,36 |
| 23 | 170,64 | 63,48 |
| 24 | 181,49 | 70,13 |
| 25 | 190,55 | 76,67 |
| 26 | 199,22 | 76,67 |
| 27 | 214,21 | 82,71 |
| 28 | 218,68 | 83,33 |
| 29 | 230,58 | 83,7 |
| 30 | 240,27 | 96,09 |
| 31 | 248,27 | 95,91 |
| 32 | 253,92 | 109,78 |
| 33 | 261,98 | 109,61 |
| 34 | 267,63 | 123,48 |
| 35 | 275,68 | 123,31 |
| 36 | 281,33 | 137,17 |
| 37 | 289,39 | 137,01 |
| 38 | 295,03 | 144,73 |
| 39 | 303,09 | 144,58 |
| 40 | 308,9 | 158,64 |
| 41 | 322,67 | 171,02 |
| 42 | 336,76 | 176,36 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 9,75 | 10,55 |
| 2 | 12,71 | 11,44 |
| 3 | 18,65 | 11,14 |
| 4 | 39,15 | 18,87 |
| 5 | 43,01 | 21,24 |
| 6 | 50,73 | 22,43 |
| 7 | 52,51 | 25,4 |
| 8 | 56,37 | 25,99 |
| 9 | 57,86 | 29,26 |
| 10 | 69,14 | 29,56 |
| 11 | 81,61 | 30,15 |
| 12 | 99,73 | 32,82 |
| 13 | 118,44 | 34,61 |
| 14 | 130,91 | 37,28 |
| 15 | 150,51 | 41,73 |
| 16 | 167,74 | 46,19 |
| 17 | 182,83 | 51,35 |
| 18 | 198,72 | 59,29 |
| 19 | 205,37 | 64,23 |
| 20 | 212,24 | 69,82 |
| 21 | 216,97 | 74,32 |
| 22 | 226,54 | 82,72 |
| 23 | 234,26 | 82,42 |
| 24 | 239,9 | 96,08 |
| 25 | 247,92 | 95,78 |
| 26 | 253,86 | 109,74 |
| 27 | 261,58 | 109,74 |
| 28 | 267,52 | 123,7 |
| 29 | 275,24 | 123,7 |
| 30 | 280,89 | 137,36 |
| 31 | 289,2 | 137,36 |
| 32 | 294,55 | 145,08 |
| 33 | 302,57 | 145,38 |
| 34 | 308,51 | 159,34 |
| 35 | 322,76 | 171,22 |
| 36 | 336,72 | 176,56 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 13,27 | 10,95 |
| 3 | 18,96 | 11,02 |
| 4 | 21,55 | 12,2 |
| 5 | 29,42 | 14,94 |
| 6 | 39,09 | 18,7 |
| 7 | 42,03 | 20,73 |
| 8 | 47,68 | 22,11 |
| 9 | 50,89 | 22,41 |
| 10 | 52,93 | 25,04 |
| 11 | 57,11 | 25,99 |
| 12 | 58,17 | 28,75 |
| 13 | 66,4 | 29,26 |
| 14 | 68,75 | 29,21 |
| 15 | 78,33 | 27,49 |
| 16 | 80,49 | 25,69 |
| 17 | 86,76 | 23,88 |
| 18 | 95,15 | 13,81 |
| 19 | 166,45 | 13,72 |
| 20 | 171,71 | 27,61 |
| 21 | 179,75 | 27,41 |
| 22 | 185,41 | 41,3 |
| 23 | 193,46 | 41,11 |
| 24 | 199,22 | 55,0 |
| 25 | 207,16 | 54,81 |
| 26 | 212,82 | 68,7 |
| 27 | 220,86 | 68,51 |
| 28 | 226,52 | 82,39 |
| 29 | 234,57 | 82,21 |
| 30 | 240,27 | 96,09 |
| 31 | 248,27 | 95,91 |
| 32 | 253,92 | 109,78 |
| 33 | 261,98 | 109,61 |
| 34 | 267,63 | 123,48 |
| 35 | 275,68 | 123,31 |
| 36 | 281,33 | 137,17 |
| 37 | 289,39 | 137,01 |
| 38 | 295,03 | 144,73 |

| | | |
|---|---|---|
| 39 | 303,09 | 144,58 |
| 40 | 308,9 | 158,64 |
| 41 | 322,67 | 171,02 |
| 42 | 336,76 | 176,36 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 74,89 | 29,88 |
| 2 | 83,69 | 28,67 |
| 3 | 123,49 | 28,37 |
| 4 | 164,77 | 29,56 |
| 5 | 185,26 | 42,03 |
| 6 | 198,62 | 56,29 |
| 7 | 212,88 | 70,24 |
| 8 | 225,95 | 83,01 |
| 9 | 226,76 | 83,63 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 147,9 | 49,55 |
| 2 | 156,75 | 49,45 |
| 3 | 185,26 | 53,02 |
| 4 | 200,11 | 56,29 |
| 5 | 212,58 | 69,35 |
| 6 | 226,59 | 83,64 |

**Vertici superficie Nr...3**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 171,48 | 64,11 |
| 2 | 187,93 | 64,6 |
| 3 | 213,18 | 69,65 |
| 4 | 225,05 | 82,12 |
| 5 | 226,58 | 83,64 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.05 | | 33 | 17.5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2.28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,25**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 15,15 | -4,6 | 15,2 | 668,98 | 14,25 | 7,09 | 0,04 | 27,5 | 10,6 | 535,6 | 325,3 |
| 2 | 15,15 | -0,4 | 15,15 | 2252,73 | 47,98 | 23,88 | 0,04 | 27,5 | 39,1 | 1666,2 | 887,9 |
| 3 | 15,15 | -0,4 | 15,15 | 3878,72 | 82,62 | 41,11 | 0,04 | 27,5 | 55,4 | 3051,9 | 1578,9 |
| 4 | 15,15 | 1,3 | 15,16 | 4604,98 | 98,09 | 48,81 | 0,04 | 27,5 | 79,8 | 3358,4 | 1732,1 |
| 5 | 15,15 | 1,6 | 15,16 | 5096,63 | 108,56 | 54,02 | 0,04 | 27,5 | 109,5 | 3388,9 | 1747,6 |
| 6 | 15,15 | 4,5 | 15,2 | 6699,97 | 142,71 | 71,02 | 0,04 | 27,5 | 137,7 | 4448,3 | 2282,4 |
| 7 | 15,15 | 31,3 | 17,74 | 8050,92 | 171,48 | 85,34 | 0,04 | 27,5 | 129,9 | 5431,5 | 3248,8 |
| 8 | 15,15 | 43,4 | 20,85 | 7603,9 | 161,96 | 80,6 | 0,04 | 27,5 | 74,6 | 6003,8 | 4226,5 |
| 9 | 15,15 | 44,8 | 21,34 | 4553,09 | 96,98 | 48,26 | 0,04 | 27,5 | 17,4 | 3989,3 | 2915,4 |
| 10 | 15,15 | 44,0 | 21,08 | 1880,53 | 40,06 | 19,93 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1713,2 | 1298,8 |

**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,52**

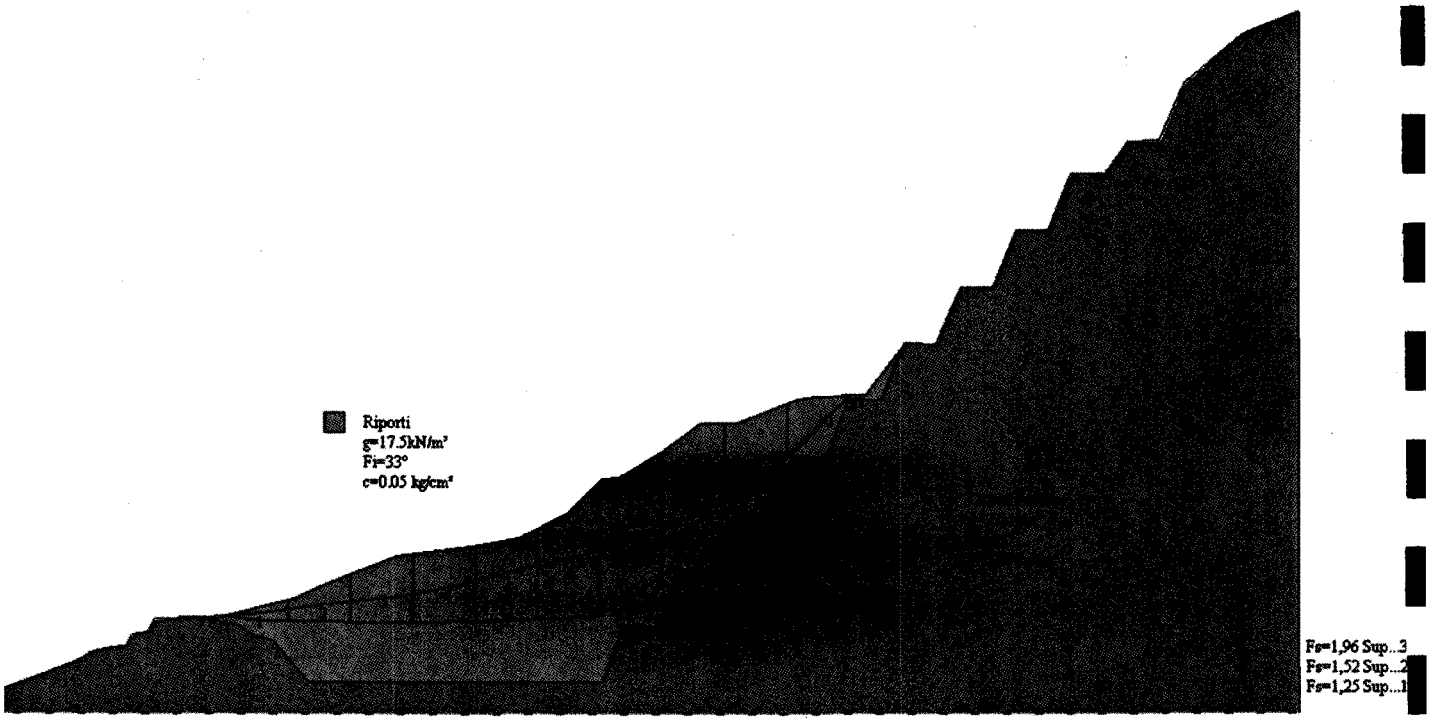
| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 7,84 | -0,6 | 7,84 | 280,8 | 5,98 | 2,98 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 282,3 | 140,4 |
| 2 | 7,84 | 6,3 | 7,89 | 900,75 | 19,19 | 9,55 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 864,1 | 381,9 |
| 3 | 7,84 | 7,1 | 7,9 | 1725,24 | 36,75 | 18,29 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1650,8 | 708,4 |
| 4 | 7,84 | 7,1 | 7,9 | 2015,68 | 42,93 | 21,37 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1929,2 | 823,7 |
| 5 | 7,84 | 8,5 | 7,93 | 2555,88 | 54,44 | 27,09 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2431,0 | 1035,1 |
| 6 | 7,84 | 12,4 | 8,03 | 3065,35 | 65,29 | 32,49 | 0,04 | 27,5 | 12,0 | 2785,2 | 1197,5 |
| 7 | 7,84 | 27,7 | 8,86 | 2664,15 | 56,75 | 28,24 | 0,04 | 27,5 | 22,6 | 2298,3 | 1098,1 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 7,84 | 46,3 | 11,36 | 2243,62 | 47,79 | 23,78 | 0,04 | 27,5 | 20,3 | 2084,7 | 1291,8 |
| 9 | 7,84 | 45,7 | 11,23 | 1541,34 | 32,83 | 16,34 | 0,04 | 27,5 | 6,5 | 1476,4 | 919,2 |
| 10 | 7,84 | 45,6 | 11,2 | 531,93 | 11,33 | 5,64 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 510,4 | 349,2 |

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1,96**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 5,48 | 1,7 | 5,49 | 153,46 | 3,27 | 1,63 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 151,7 | 61,6 |
| 2 | 5,48 | 1,7 | 5,49 | 460,38 | 9,81 | 4,88 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 455,9 | 158,6 |
| 3 | 5,48 | 2,1 | 5,49 | 806,45 | 17,18 | 8,55 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 797,3 | 267,5 |
| 4 | 5,48 | 11,3 | 5,59 | 1101,99 | 23,47 | 11,68 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1053,9 | 356,3 |
| 5 | 5,48 | 11,3 | 5,59 | 996,7 | 21,23 | 10,57 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 953,0 | 323,5 |
| 6 | 5,48 | 11,3 | 5,59 | 992,81 | 21,15 | 10,52 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 949,3 | 322,3 |
| 7 | 5,48 | 11,3 | 5,59 | 1099,63 | 23,42 | 11,66 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1051,7 | 355,6 |
| 8 | 5,48 | 29,6 | 6,31 | 1109,46 | 23,63 | 11,76 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1073,1 | 411,0 |
| 9 | 5,48 | 46,4 | 7,95 | 791,97 | 16,87 | 8,39 | 0,04 | 27,5 | 4,5 | 818,3 | 406,0 |
| 10 | 5,48 | 45,9 | 7,89 | 263,88 | 5,62 | 2,8 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 270,7 | 151,4 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



## SEZIONE 9

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 18,78 | 15,0 |
| 3 | 20,74 | 16,72 |
| 4 | 38,03 | 28,11 |
| 5 | 46,51 | 33,5 |
| 6 | 49,21 | 33,53 |
| 7 | 51,17 | 34,68 |
| 8 | 53,28 | 35,53 |
| 9 | 57,47 | 36,85 |
| 10 | 79,13 | 48,04 |
| 11 | 87,42 | 48,0 |
| 12 | 118,23 | 65,95 |
| 13 | 127,41 | 66,21 |
| 14 | 143,66 | 76,5 |
| 15 | 147,67 | 76,5 |
| 16 | 161,73 | 81,97 |
| 17 | 170,29 | 82,01 |
| 18 | 184,86 | 92,28 |
| 19 | 203,24 | 99,98 |
| 20 | 211,79 | 99,96 |
| 21 | 224,35 | 108,9 |
| 22 | 232,35 | 108,6 |
| 23 | 238,05 | 122,6 |
| 24 | 246,05 | 122,3 |
| 25 | 251,75 | 136,3 |
| 26 | 259,71 | 136,0 |
| 27 | 265,45 | 150,0 |
| 28 | 273,44 | 149,7 |
| 29 | 279,15 | 163,7 |
| 30 | 287,14 | 163,4 |
| 31 | 293,07 | 178,5 |
| 32 | 314,9 | 188,05 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,07 | 10,54 |
| 2 | 18,37 | 14,86 |
| 3 | 19,69 | 17,18 |
| 4 | 46,25 | 33,45 |
| 5 | 48,25 | 33,45 |
| 6 | 52,56 | 35,77 |
| 7 | 68,86 | 37,89 |
| 8 | 93,1 | 40,81 |
| 9 | 117,34 | 45,07 |
| 10 | 144,72 | 53,37 |
| 11 | 167,39 | 63,25 |
| 12 | 173,22 | 66,62 |
| 13 | 180,4 | 70,66 |
| 14 | 187,14 | 75,14 |
| 15 | 195,22 | 82,77 |
| 16 | 199,93 | 87,94 |
| 17 | 210,26 | 95,86 |
| 18 | 217,21 | 97,59 |
| 19 | 223,87 | 109,14 |
| 20 | 232,17 | 108,81 |
| 21 | 238,14 | 123,09 |
| 22 | 245,78 | 123,09 |
| 23 | 251,09 | 136,7 |
| 24 | 259,06 | 136,37 |
| 25 | 265,37 | 150,31 |
| 26 | 272,67 | 149,98 |
| 27 | 278,98 | 163,92 |
| 28 | 286,61 | 163,59 |
| 29 | 292,59 | 179,19 |
| 30 | 314,83 | 188,16 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 18,78 | 15,0 |
| 3 | 20,74 | 16,72 |
| 4 | 38,03 | 28,11 |
| 5 | 46,51 | 33,5 |
| 6 | 49,21 | 33,53 |
| 7 | 51,17 | 34,68 |
| 8 | 53,28 | 35,53 |
| 9 | 54,3 | 34,91 |
| 10 | 65,84 | 20,0 |
| 11 | 71,99 | 17,48 |
| 12 | 76,61 | 17,29 |
| 13 | 79,13 | 12,7 |
| 14 | 136,45 | 12,7 |
| 15 | 142,15 | 26,7 |
| 16 | 150,15 | 26,4 |
| 17 | 155,85 | 40,4 |
| 18 | 163,85 | 40,1 |
| 19 | 170,29 | 54,1 |
| 20 | 177,55 | 53,8 |
| 21 | 183,25 | 67,8 |
| 22 | 191,25 | 67,5 |
| 23 | 196,95 | 81,5 |
| 24 | 204,95 | 81,2 |
| 25 | 210,65 | 95,2 |
| 26 | 218,65 | 94,9 |
| 27 | 224,35 | 108,9 |
| 28 | 232,35 | 108,6 |
| 29 | 238,05 | 122,6 |
| 30 | 246,05 | 122,3 |
| 31 | 251,75 | 136,3 |
| 32 | 259,71 | 136,0 |
| 33 | 265,45 | 150,0 |
| 34 | 273,44 | 149,7 |
| 35 | 279,15 | 163,7 |
| 36 | 287,14 | 163,4 |
| 37 | 293,07 | 178,5 |
| 38 | 314,9 | 188,05 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 55,02 | 36,18 |
| 2 | 60,2 | 35,11 |
| 3 | 85,1 | 33,78 |
| 4 | 112,98 | 35,11 |
| 5 | 150,5 | 44,74 |
| 6 | 170,09 | 54,36 |
| 7 | 183,7 | 68,64 |
| 8 | 197,31 | 82,92 |
| 9 | 209,59 | 95,53 |
| 10 | 211,22 | 100,04 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 86,25 | 48,1 |
| 2 | 93,4 | 46,06 |
| 3 | 112,98 | 44,07 |
| 4 | 142,86 | 50,05 |
| 5 | 170,09 | 55,69 |
| 6 | 183,03 | 68,64 |
| 7 | 197,64 | 83,25 |
| 8 | 209,59 | 95,86 |
| 9 | 211,99 | 100,13 |

**Vertici superficie Nr...3**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 171,02 | 82,64 |
| 2 | 176,73 | 79,26 |
| 3 | 186,35 | 79,93 |
| 4 | 196,31 | 82,25 |
| 5 | 208,26 | 95,86 |
| 6 | 211,41 | 100,03 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.05 | | 33 | 17.5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2.28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,30**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 15,6 | -5,9 | 15,68 | 1194,22 | 25,08 | 13,14 | 0,04 | 27,5 | 17,5 | 979,6 | 529,8 |
| 2 | 15,6 | -2,6 | 15,61 | 3707,17 | 77,85 | 40,78 | 0,04 | 27,5 | 47,8 | 3033,0 | 1514,0 |
| 3 | 15,6 | 2,7 | 15,61 | 4842,95 | 101,7 | 53,27 | 0,04 | 27,5 | 66,6 | 3721,4 | 1845,0 |
| 4 | 15,6 | 6,3 | 15,69 | 6988,5 | 146,76 | 76,87 | 0,04 | 27,5 | 81,4 | 5459,0 | 2693,3 |
| 5 | 15,6 | 14,4 | 16,1 | 7603,19 | 159,67 | 83,64 | 0,04 | 27,5 | 90,4 | 5679,1 | 2874,6 |
| 6 | 15,6 | 14,4 | 16,1 | 8875,85 | 186,39 | 97,63 | 0,04 | 27,5 | 97,6 | 6746,6 | 3403,6 |
| 7 | 15,6 | 25,0 | 17,21 | 8745,04 | 183,65 | 96,2 | 0,04 | 27,5 | 104,1 | 6396,8 | 3456,3 |
| 8 | 15,6 | 40,2 | 20,43 | 6875,81 | 144,39 | 75,63 | 0,04 | 27,5 | 77,1 | 5240,4 | 3391,2 |
| 9 | 15,6 | 46,4 | 22,6 | 5614,99 | 117,91 | 61,76 | 0,04 | 27,5 | 27,7 | 4938,1 | 3553,6 |
| 10 | 15,6 | 50,4 | 24,46 | 2576,73 | 54,11 | 28,34 | 0,04 | 27,5 | 0,5 | 2481,6 | 2007,3 |

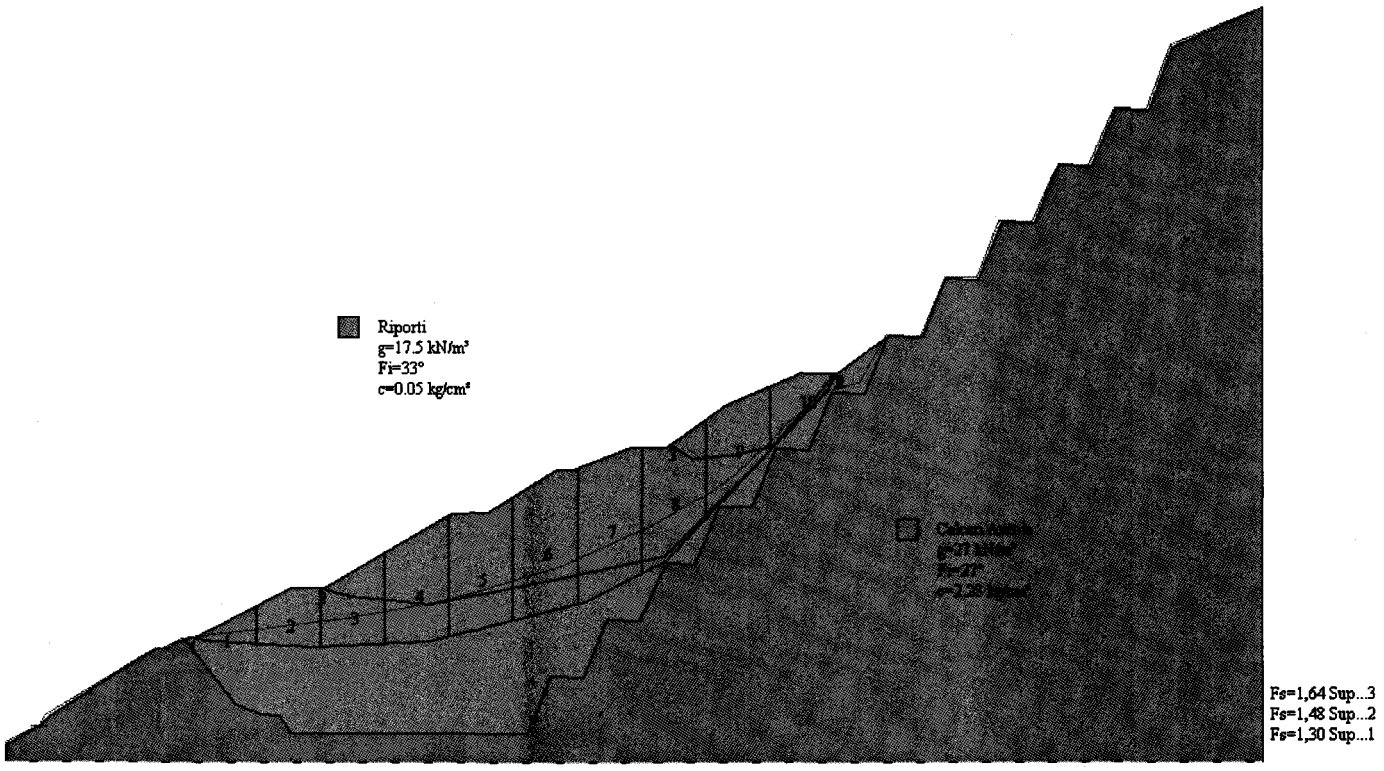
**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,48**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 12,54 | -11,4 | 12,79 | 970,19 | 20,37 | 10,67 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1090,0 | 509,1 |
| 2 | 12,54 | -5,8 | 12,6 | 2989,59 | 62,78 | 32,89 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 3143,6 | 1369,4 |
| 3 | 12,54 | 9,5 | 12,71 | 4501,01 | 94,52 | 49,51 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 4256,3 | 1856,6 |
| 4 | 12,54 | 11,3 | 12,79 | 4514,92 | 94,81 | 49,66 | 0,04 | 27,5 | 14,5 | 4068,1 | 1786,6 |
| 5 | 12,54 | 11,5 | 12,8 | 5701,66 | 119,73 | 62,72 | 0,04 | 27,5 | 27,0 | 5033,6 | 2202,4 |
| 6 | 12,54 | 11,7 | 12,8 | 5899,31 | 123,89 | 64,89 | 0,04 | 27,5 | 53,1 | 4908,6 | 2150,3 |
| 7 | 12,54 | 25,5 | 13,89 | 5492,62 | 115,34 | 60,42 | 0,04 | 27,5 | 65,5 | 4292,7 | 2049,6 |
| 8 | 12,54 | 45,0 | 17,73 | 5060,9 | 106,28 | 55,67 | 0,04 | 27,5 | 44,8 | 4438,6 | 2720,2 |
| 9 | 12,54 | 45,2 | 17,8 | 3717,4 | 78,07 | 40,89 | 0,04 | 27,5 | 19,8 | 3419,3 | 2122,5 |
| 10 | 12,54 | 50,0 | 19,51 | 1616,0 | 33,94 | 17,78 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1625,6 | 1160,7 |

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1,64**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 4,03 | -30,6 | 4,68 | 183,81 | 3,86 | 2,02 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 285,9 | 142,0 |
| 2 | 4,03 | -10,9 | 4,1 | 494,81 | 10,39 | 5,44 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 546,1 | 223,6 |
| 3 | 4,03 | 3,9 | 4,03 | 712,14 | 14,96 | 7,83 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 694,8 | 276,6 |
| 4 | 4,03 | 5,9 | 4,05 | 880,71 | 18,49 | 9,69 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 850,6 | 337,1 |
| 5 | 4,03 | 13,1 | 4,13 | 951,68 | 19,99 | 10,47 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 895,0 | 361,9 |
| 6 | 4,03 | 13,1 | 4,13 | 1004,3 | 21,09 | 11,05 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 944,6 | 381,3 |
| 7 | 4,03 | 42,0 | 5,42 | 962,15 | 20,21 | 10,58 | 0,04 | 27,5 | 11,8 | 906,5 | 485,5 |
| 8 | 4,03 | 48,7 | 6,1 | 791,62 | 16,62 | 8,71 | 0,04 | 27,5 | 10,4 | 778,9 | 475,8 |
| 9 | 4,03 | 48,7 | 6,1 | 525,7 | 11,04 | 5,78 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 541,9 | 339,1 |
| 10 | 4,03 | 52,0 | 6,54 | 181,96 | 3,82 | 2,0 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 182,6 | 143,5 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



## SEZIONE 10

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 17,51 | 14,33 |
| 3 | 20,73 | 16,57 |
| 4 | 27,09 | 21,41 |
| 5 | 35,21 | 25,0 |
| 6 | 43,34 | 30,72 |
| 7 | 46,72 | 32,71 |
| 8 | 49,24 | 32,68 |
| 9 | 51,06 | 32,61 |
| 10 | 53,03 | 34,2 |
| 11 | 54,77 | 35,28 |
| 12 | 75,56 | 42,94 |
| 13 | 81,34 | 43,0 |
| 14 | 83,66 | 43,02 |
| 15 | 113,73 | 60,44 |
| 16 | 117,26 | 62,45 |
| 17 | 122,09 | 65,45 |
| 18 | 127,34 | 68,32 |
| 19 | 129,06 | 68,56 |
| 20 | 135,76 | 68,68 |
| 21 | 137,92 | 70,01 |
| 22 | 146,44 | 76,0 |
| 23 | 150,47 | 76,0 |
| 24 | 152,8 | 76,74 |
| 25 | 160,12 | 78,96 |
| 26 | 166,49 | 79,0 |
| 27 | 168,32 | 79,01 |
| 28 | 188,83 | 90,93 |
| 29 | 208,73 | 102,95 |
| 30 | 216,91 | 103,0 |
| 31 | 224,92 | 107,84 |
| 32 | 227,5 | 109,4 |
| 33 | 235,5 | 109,1 |
| 34 | 241,2 | 123,1 |
| 35 | 249,2 | 122,8 |
| 36 | 254,9 | 136,8 |
| 37 | 262,9 | 136,5 |
| 38 | 268,6 | 150,5 |
| 39 | 276,6 | 150,2 |
| 40 | 282,3 | 164,2 |
| 41 | 290,3 | 163,9 |
| 42 | 296,01 | 179,0 |
| 43 | 298,17 | 179,86 |
| 44 | 311,21 | 184,61 |
| 45 | 318,27 | 187,7 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 9,76 | 10,7 |
| 2 | 16,76 | 14,34 |
| 3 | 25,17 | 20,78 |
| 4 | 35,26 | 25,27 |
| 5 | 46,46 | 32,83 |
| 6 | 50,95 | 32,83 |
| 7 | 54,59 | 35,63 |
| 8 | 64,3 | 36,61 |
| 9 | 77,56 | 38,43 |
| 10 | 93,53 | 40,4 |
| 11 | 108,38 | 43,48 |
| 12 | 121,71 | 46,61 |
| 13 | 140,54 | 53,85 |
| 14 | 154,38 | 58,62 |
| 15 | 167,77 | 63,38 |
| 16 | 173,89 | 65,88 |
| 17 | 184,52 | 70,86 |
| 18 | 189,85 | 74,72 |
| 19 | 199,03 | 83,9 |
| 20 | 205,09 | 89,59 |
| 21 | 213,36 | 96,76 |
| 22 | 218,5 | 100,8 |
| 23 | 227,45 | 109,6 |
| 24 | 235,02 | 109,32 |
| 25 | 240,9 | 123,33 |
| 26 | 249,03 | 123,05 |
| 27 | 254,63 | 137,05 |
| 28 | 262,76 | 136,77 |
| 29 | 268,36 | 150,78 |
| 30 | 276,2 | 150,5 |
| 31 | 282,09 | 164,51 |
| 32 | 289,65 | 164,23 |
| 33 | 296,1 | 179,92 |
| 34 | 317,95 | 188,33 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 17,51 | 14,33 |
| 3 | 20,73 | 16,57 |
| 4 | 27,09 | 21,41 |
| 5 | 35,21 | 25,0 |
| 6 | 43,34 | 30,72 |
| 7 | 46,72 | 32,71 |
| 8 | 49,24 | 32,68 |
| 9 | 51,06 | 32,61 |
| 10 | 53,03 | 34,2 |
| 11 | 54,77 | 35,28 |
| 12 | 66,99 | 26,97 |
| 13 | 74,3 | 26,02 |
| 14 | 75,56 | 22,87 |
| 15 | 77,01 | 17,39 |
| 16 | 81,34 | 17,3 |
| 17 | 83,66 | 13,42 |
| 18 | 105,1 | 13,39 |
| 19 | 135,76 | 13,37 |
| 20 | 139,6 | 13,2 |
| 21 | 145,3 | 27,2 |
| 22 | 152,8 | 26,9 |
| 23 | 159,0 | 40,9 |
| 24 | 166,49 | 40,6 |
| 25 | 172,7 | 54,6 |
| 26 | 180,7 | 54,3 |
| 27 | 186,4 | 68,3 |
| 28 | 194,4 | 68,0 |
| 29 | 200,1 | 82,0 |
| 30 | 208,73 | 81,7 |
| 31 | 213,8 | 95,7 |
| 32 | 221,8 | 95,4 |
| 33 | 227,5 | 109,4 |
| 34 | 235,5 | 109,1 |
| 35 | 241,2 | 123,1 |
| 36 | 249,2 | 122,8 |
| 37 | 254,9 | 136,8 |
| 38 | 262,9 | 136,5 |

| | | |
|---|---|---|
| 39 | 268,6 | 150,5 |
| 40 | 276,6 | 150,2 |
| 41 | 282,3 | 164,2 |
| 42 | 290,3 | 163,9 |

| | | |
|---|---|---|
| 43 | 296,01 | 179,0 |
| 44 | 298,17 | 179,86 |
| 45 | 311,21 | 184,61 |
| 46 | 311,21 | 184,61 |

| | | |
|---|---|---|
| 47 | 318,27 | 187,7 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 55,74 | 35,74 |
| 2 | 62,99 | 33,39 |
| 3 | 87,37 | 32,55 |
| 4 | 129,39 | 32,83 |
| 5 | 158,25 | 41,24 |
| 6 | 172,26 | 55,24 |
| 7 | 186,27 | 69,81 |
| 8 | 201,4 | 83,54 |
| 9 | 213,45 | 96,71 |
| 10 | 216,78 | 103,07 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 84,13 | 43,4 |
| 2 | 91,01 | 40,96 |
| 3 | 115,95 | 40,68 |
| 4 | 144,52 | 45,44 |
| 5 | 171,98 | 54,96 |
| 6 | 185,43 | 69,25 |
| 7 | 199,72 | 83,26 |
| 8 | 213,45 | 96,43 |
| 9 | 216,46 | 103,07 |

**Vertici superficie Nr...3**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 136,26 | 69,1 |
| 2 | 142,28 | 67,85 |
| 3 | 158,25 | 69,25 |
| 4 | 178,7 | 73,46 |
| 5 | 199,44 | 83,26 |
| 6 | 212,6 | 96,99 |
| 7 | 215,67 | 103,07 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.05 | | 33 | 17.5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2.28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,20**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 16,09 | -9,2 | 16,3 | 1201,73 | 25,24 | 13,22 | 0,04 | 27,5 | 21,4 | 959,9 | 569,9 |
| 2 | 16,09 | -1,9 | 16,09 | 2862,35 | 60,11 | 31,49 | 0,04 | 27,5 | 58,0 | 1965,4 | 1084,7 |
| 3 | 16,09 | 0,4 | 16,09 | 4960,01 | 104,16 | 54,56 | 0,04 | 27,5 | 81,6 | 3634,6 | 1951,2 |
| 4 | 16,09 | 0,4 | 16,09 | 7552,97 | 158,61 | 83,08 | 0,04 | 27,5 | 114,3 | 5693,9 | 3021,1 |
| 5 | 16,09 | 7,4 | 16,22 | 9751,65 | 204,78 | 107,27 | 0,04 | 27,5 | 150,3 | 6921,5 | 3689,6 |
| 6 | 16,09 | 16,2 | 16,75 | 10513,33 | 220,78 | 115,65 | 0,04 | 27,5 | 176,3 | 6928,9 | 3817,5 |
| 7 | 16,09 | 36,6 | 20,03 | 9418,8 | 197,79 | 103,61 | 0,04 | 27,5 | 149,8 | 6258,0 | 4146,6 |
| 8 | 16,09 | 45,9 | 23,1 | 6761,7 | 142,0 | 74,38 | 0,04 | 27,5 | 72,1 | 5178,5 | 3993,2 |
| 9 | 16,09 | 42,7 | 21,87 | 4998,3 | 104,96 | 54,98 | 0,04 | 27,5 | 19,8 | 4249,5 | 3118,4 |
| 10 | 16,09 | 51,4 | 25,77 | 2814,37 | 59,1 | 30,96 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2655,5 | 2371,5 |

**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,31**

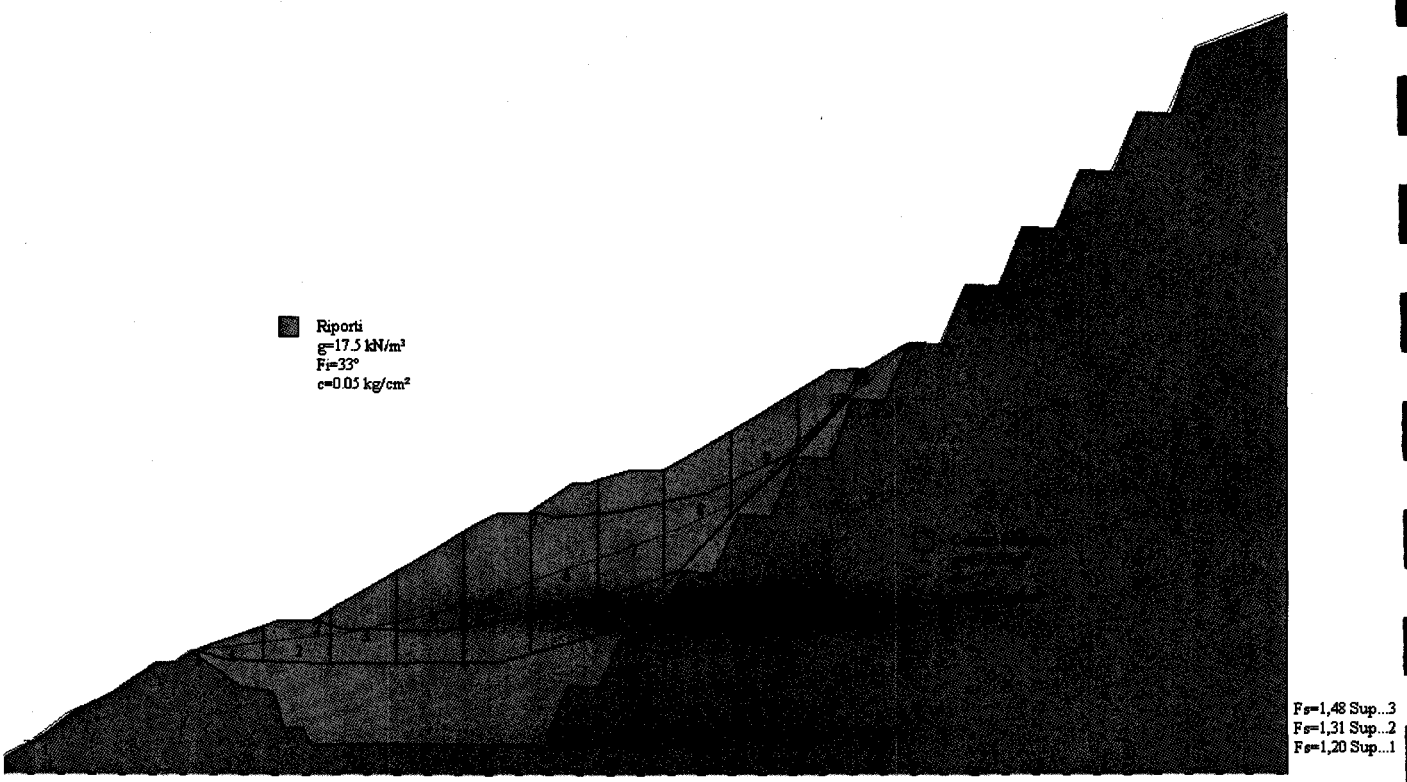
| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 13,22 | -10,6 | 13,45 | 1172,11 | 24,61 | 12,89 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1318,7 | 684,6 |
| 2 | 13,22 | -0,6 | 13,22 | 3246,93 | 68,19 | 35,72 | 0,04 | 27,5 | 17,4 | 3033,8 | 1484,8 |
| 3 | 13,22 | 5,5 | 13,28 | 4880,89 | 102,5 | 53,69 | 0,04 | 27,5 | 41,3 | 4161,8 | 2028,6 |
| 4 | 13,22 | 9,5 | 13,4 | 5894,36 | 123,78 | 64,84 | 0,04 | 27,5 | 67,6 | 4691,2 | 2301,9 |
| 5 | 13,22 | 13,8 | 13,61 | 6537,21 | 137,28 | 71,91 | 0,04 | 27,5 | 89,4 | 4928,4 | 2454,8 |
| 6 | 13,22 | 19,1 | 13,99 | 6534,1 | 137,22 | 71,88 | 0,04 | 27,5 | 95,9 | 4772,3 | 2446,3 |
| 7 | 13,22 | 31,2 | 15,46 | 5558,93 | 116,74 | 61,15 | 0,04 | 27,5 | 81,5 | 4045,5 | 2306,1 |
| 8 | 13,22 | 46,0 | 19,01 | 4828,2 | 101,39 | 53,11 | 0,04 | 27,5 | 33,7 | 4184,4 | 2949,9 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 13,22 | 44,3 | 18,46 | 3575,09 | 75,08 | 39,33 | 0,04 | 27,5 | 12,7 | 3210,4 | 2216,4 |
| 10 | 13,22 | 51,1 | 21,06 | 1886,3 | 39,61 | 20,75 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1834,0 | 1504,3 |

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1,48**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 7,92 | -7,5 | 7,99 | 439,91 | 9,24 | 4,84 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 473,1 | 226,0 |
| 2 | 7,92 | 5,0 | 7,95 | 1056,91 | 22,2 | 11,63 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1021,1 | 456,0 |
| 3 | 7,92 | 6,6 | 7,98 | 1190,69 | 25,0 | 13,1 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1140,1 | 507,7 |
| 4 | 7,92 | 11,6 | 8,09 | 1182,11 | 24,82 | 13,0 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1106,1 | 500,6 |
| 5 | 7,92 | 11,6 | 8,09 | 1260,62 | 26,47 | 13,87 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1179,8 | 532,2 |
| 6 | 7,92 | 20,9 | 8,48 | 1576,36 | 33,1 | 17,34 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1445,2 | 678,8 |
| 7 | 7,92 | 25,3 | 8,77 | 1745,14 | 36,65 | 19,2 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1599,5 | 774,1 |
| 8 | 7,92 | 26,5 | 8,85 | 1872,35 | 39,32 | 20,6 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1718,2 | 837,8 |
| 9 | 7,92 | 46,2 | 11,45 | 1689,57 | 35,48 | 18,59 | 0,04 | 27,5 | 5,6 | 1626,3 | 1039,4 |
| 10 | 7,92 | 54,5 | 13,64 | 766,54 | 16,1 | 8,43 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 792,5 | 647,6 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



## SEZIONE 12

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 24,65 | 8,6 |
| 3 | 33,26 | 10,76 |
| 4 | 39,65 | 16,11 |
| 5 | 52,56 | 27,92 |
| 6 | 59,29 | 29,32 |
| 7 | 61,93 | 29,53 |
| 8 | 66,08 | 30,75 |
| 9 | 75,51 | 32,47 |
| 10 | 78,65 | 32,96 |
| 11 | 113,65 | 49,17 |
| 12 | 138,75 | 65,04 |
| 13 | 143,05 | 70,47 |
| 14 | 170,55 | 72,47 |
| 15 | 202,8 | 87,21 |
| 16 | 205,68 | 89,45 |
| 17 | 228,57 | 105,2 |
| 18 | 237,33 | 104,97 |
| 19 | 252,0 | 108,07 |
| 20 | 259,99 | 107,77 |
| 21 | 265,72 | 121,77 |
| 22 | 273,71 | 121,47 |
| 23 | 279,43 | 135,47 |
| 24 | 287,43 | 135,17 |
| 25 | 293,14 | 149,17 |
| 26 | 301,13 | 148,87 |
| 27 | 306,85 | 162,87 |
| 28 | 314,84 | 162,57 |
| 29 | 320,52 | 176,67 |
| 30 | 332,85 | 182,28 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,62 |
| 2 | 10,63 | 10,55 |
| 3 | 24,42 | 9,08 |
| 4 | 33,22 | 11,13 |
| 5 | 52,29 | 28,45 |
| 6 | 62,56 | 30,21 |
| 7 | 71,73 | 31,72 |
| 8 | 87,19 | 34,85 |
| 9 | 107,35 | 38,89 |
| 10 | 128,41 | 42,92 |
| 11 | 157,76 | 51,21 |
| 12 | 169,86 | 55,47 |
| 13 | 180,61 | 59,27 |
| 14 | 190,24 | 64,2 |
| 15 | 200,77 | 70,7 |
| 16 | 204,81 | 73,39 |
| 17 | 215,78 | 81,45 |
| 18 | 221,83 | 85,04 |
| 19 | 232,59 | 93,78 |
| 20 | 239,76 | 98,48 |
| 21 | 251,53 | 108,55 |
| 22 | 259,75 | 107,96 |
| 23 | 265,32 | 122,05 |
| 24 | 273,24 | 121,76 |
| 25 | 279,11 | 135,84 |
| 26 | 287,03 | 135,55 |
| 27 | 292,9 | 149,34 |
| 28 | 300,53 | 149,04 |
| 29 | 306,99 | 163,13 |
| 30 | 314,62 | 163,13 |
| 31 | 320,19 | 177,21 |
| 32 | 332,22 | 182,2 |
| 33 | 332,85 | 182,46 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 24,65 | 8,6 |
| 3 | 33,26 | 10,76 |
| 4 | 39,65 | 16,11 |
| 5 | 52,56 | 27,92 |
| 6 | 59,29 | 29,32 |
| 7 | 61,93 | 29,53 |
| 8 | 70,86 | 29,49 |
| 9 | 84,37 | 26,25 |
| 10 | 86,03 | 26,99 |
| 11 | 93,46 | 25,79 |
| 12 | 100,11 | 25,79 |
| 13 | 110,51 | 14,36 |
| 14 | 113,65 | 12,04 |
| 15 | 164,09 | 11,87 |
| 16 | 170,55 | 25,87 |
| 17 | 177,79 | 25,57 |
| 18 | 183,5 | 39,57 |
| 19 | 191,5 | 39,27 |
| 20 | 197,2 | 53,27 |
| 21 | 205,68 | 52,97 |
| 22 | 210,91 | 66,97 |
| 23 | 218,9 | 66,67 |
| 24 | 224,6 | 80,67 |
| 25 | 232,6 | 80,37 |
| 26 | 237,33 | 94,37 |
| 27 | 246,29 | 94,07 |
| 28 | 252,0 | 108,07 |
| 29 | 259,99 | 107,77 |
| 30 | 265,72 | 121,77 |
| 31 | 273,71 | 121,47 |
| 32 | 279,43 | 135,47 |
| 33 | 287,43 | 135,17 |
| 34 | 293,14 | 149,17 |
| 35 | 301,13 | 148,87 |
| 36 | 306,85 | 162,87 |
| 37 | 314,84 | 162,57 |
| 38 | 320,52 | 176,67 |
| 39 | 332,85 | 182,28 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 78,79 | 33,13 |
| 2 | 85,75 | 32,26 |
| 3 | 100,71 | 31,38 |
| 4 | 126,24 | 32,85 |
| 5 | 154,7 | 36,96 |
| 6 | 180,23 | 45,76 |
| 7 | 195,49 | 54,85 |
| 8 | 210,74 | 67,77 |
| 9 | 223,65 | 81,26 |
| 10 | 237,45 | 94,47 |
| 11 | 247,09 | 107,08 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 125,5 | 56,78 |
| 2 | 166,44 | 60,14 |
| 3 | 196,66 | 66,89 |
| 4 | 223,95 | 81,56 |
| 5 | 237,15 | 95,64 |
| 6 | 247,64 | 107,2 |

**Vertici superficie Nr...3**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 172,26 | 73,36 |
| 2 | 186,39 | 72,75 |
| 3 | 206,93 | 77,45 |
| 4 | 223,36 | 81,85 |
| 5 | 238,33 | 95,93 |
| 6 | 247,98 | 107,27 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.05 | | 33 | 17.5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2.28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,12**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 16,81 | -4,9 | 16,87 | 1356,24 | 28,89 | 14,38 | 0,04 | 27,5 | 24,5 | 1000,9 | 628,9 |
| 2 | 16,81 | 1,3 | 16,81 | 3799,5 | 80,93 | 40,27 | 0,04 | 27,5 | 62,6 | 2710,9 | 1576,4 |
| 3 | 16,81 | 4,2 | 16,85 | 6214,0 | 132,36 | 65,87 | 0,04 | 27,5 | 86,4 | 4581,1 | 2621,9 |
| 4 | 16,81 | 8,2 | 16,98 | 8800,45 | 187,45 | 93,28 | 0,04 | 27,5 | 108,4 | 6518,0 | 3729,3 |
| 5 | 16,81 | 13,7 | 17,3 | 9863,6 | 210,09 | 104,55 | 0,04 | 27,5 | 123,0 | 7052,8 | 4105,8 |
| 6 | 16,81 | 19,0 | 17,78 | 8866,41 | 188,85 | 93,98 | 0,04 | 27,5 | 130,4 | 5904,0 | 3547,1 |
| 7 | 16,81 | 31,3 | 19,66 | 8773,54 | 186,88 | 93,0 | 0,04 | 27,5 | 122,1 | 5843,0 | 3892,2 |
| 8 | 16,81 | 41,3 | 22,37 | 7572,73 | 161,3 | 80,27 | 0,04 | 27,5 | 101,6 | 5192,1 | 3961,9 |
| 9 | 16,81 | 45,3 | 23,9 | 6322,46 | 134,67 | 67,02 | 0,04 | 27,5 | 58,5 | 4796,8 | 3930,7 |
| 10 | 16,81 | 49,2 | 25,71 | 2339,34 | 49,83 | 24,8 | 0,04 | 27,5 | 4,5 | 2032,6 | 1891,8 |

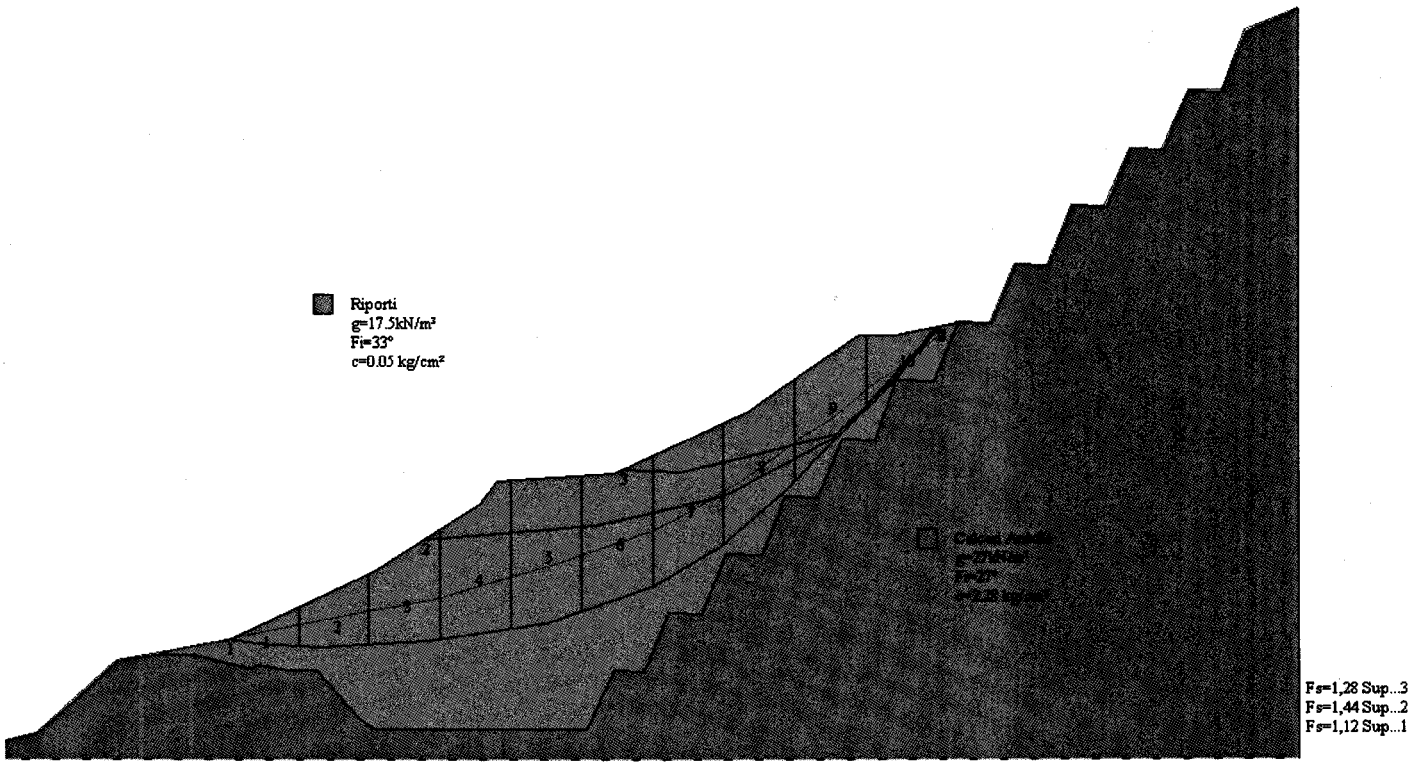
**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,44**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 12,19 | 4,7 | 12,23 | 715,1 | 15,23 | 7,58 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 689,7 | 340,7 |
| 2 | 12,19 | 4,7 | 12,23 | 2611,14 | 55,62 | 27,68 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2526,6 | 1141,0 |
| 3 | 12,19 | 4,7 | 12,23 | 2586,98 | 55,1 | 27,42 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2503,2 | 1130,8 |
| 4 | 12,19 | 9,9 | 12,37 | 2441,96 | 52,01 | 25,88 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2297,4 | 1053,9 |
| 5 | 12,19 | 12,6 | 12,49 | 2933,26 | 62,48 | 31,09 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 2731,5 | 1257,2 |
| 6 | 12,19 | 15,6 | 12,65 | 3467,95 | 73,87 | 36,76 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 3200,9 | 1486,1 |
| 7 | 12,19 | 28,3 | 13,84 | 3739,65 | 79,65 | 39,64 | 0,04 | 27,5 | 21,1 | 3186,3 | 1622,3 |
| 8 | 12,19 | 28,3 | 13,84 | 4145,07 | 88,29 | 43,94 | 0,04 | 27,5 | 42,8 | 3316,1 | 1686,3 |
| 9 | 12,19 | 46,0 | 17,54 | 3778,83 | 80,49 | 40,06 | 0,04 | 27,5 | 35,7 | 3278,4 | 2130,9 |
| 10 | 12,19 | 47,6 | 18,09 | 1151,09 | 24,52 | 12,2 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1113,3 | 805,6 |

**Superficie Nr...3 Fattore di sicurezza=1,28**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 7,55 | -2,5 | 7,55 | 249,1 | 5,31 | 2,64 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 255,9 | 152,0 |
| 2 | 7,55 | 0,0 | 7,55 | 726,13 | 15,47 | 7,7 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 726,3 | 380,3 |
| 3 | 7,55 | 12,9 | 7,74 | 1067,87 | 22,75 | 11,32 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 980,2 | 517,2 |
| 4 | 7,55 | 12,9 | 7,74 | 1295,49 | 27,59 | 13,73 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1190,3 | 621,9 |
| 5 | 7,55 | 13,8 | 7,77 | 1659,53 | 35,35 | 17,59 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1520,5 | 789,5 |
| 6 | 7,55 | 15,0 | 7,81 | 2089,24 | 44,5 | 22,15 | 0,04 | 27,5 | 7,7 | 1853,7 | 961,3 |
| 7 | 7,55 | 23,8 | 8,24 | 2421,9 | 51,59 | 25,67 | 0,04 | 27,5 | 27,9 | 1979,7 | 1083,2 |
| 8 | 7,55 | 43,3 | 10,36 | 2372,26 | 50,53 | 25,15 | 0,04 | 27,5 | 36,2 | 1953,7 | 1354,7 |
| 9 | 7,55 | 45,1 | 10,7 | 1376,82 | 29,33 | 14,59 | 0,04 | 27,5 | 18,2 | 1154,5 | 850,1 |
| 10 | 7,55 | 49,6 | 11,64 | 479,55 | 10,21 | 5,08 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 439,2 | 394,6 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.



## SEZIONE 13

**Analisi di stabilità dei pendii con JANBU**

| | |
|---|---|
| Lat./Long. | 44,5/9,03 |
| Numero di strati | 2,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Coefficiente di sicurezza [R2] | 1,1 |
| Analisi | Condizione drenata |
| Normativa | NTC 2008 |
| Superficie di forma | generica |

**Vertici profilo**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 50,84 | 11,17 |
| 3 | 56,71 | 15,37 |
| 4 | 69,07 | 22,85 |
| 5 | 73,3 | 24,65 |
| 6 | 74,34 | 30,2 |
| 7 | 75,91 | 30,79 |
| 8 | 77,51 | 32,74 |
| 9 | 80,29 | 31,35 |
| 10 | 92,65 | 29,37 |
| 11 | 101,87 | 32,64 |
| 12 | 118,11 | 33,47 |
| 13 | 120,11 | 33,45 |
| 14 | 132,83 | 36,0 |
| 15 | 135,26 | 35,67 |
| 16 | 138,24 | 34,11 |
| 17 | 144,95 | 32,2 |
| 18 | 177,69 | 51,57 |
| 19 | 184,48 | 57,55 |
| 20 | 195,6 | 62,11 |
| 21 | 206,99 | 70,36 |
| 22 | 209,99 | 71,52 |
| 23 | 213,93 | 72,32 |
| 24 | 229,62 | 73,6 |
| 25 | 262,23 | 90,59 |
| 26 | 290,4 | 108,51 |
| 27 | 300,17 | 108,56 |
| 28 | 305,17 | 109,27 |
| 29 | 313,41 | 109,01 |
| 30 | 319,7 | 122,99 |
| 31 | 330,02 | 122,69 |
| 32 | 336,76 | 136,41 |
| 33 | 346,19 | 136,42 |
| 34 | 352,65 | 150,65 |
| 35 | 360,65 | 150,41 |
| 36 | 366,35 | 164,34 |
| 37 | 374,35 | 164,11 |
| 38 | 380,05 | 178,13 |
| 39 | 383,3 | 178,74 |
| 40 | 391,17 | 182,14 |

**Falda**

| Nr. | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,05 | 10,41 |
| 2 | 50,93 | 11,1 |
| 3 | 73,45 | 24,96 |
| 4 | 74,48 | 31,54 |
| 5 | 76,56 | 32,93 |
| 6 | 92,85 | 29,81 |
| 7 | 101,16 | 32,93 |
| 8 | 120,91 | 33,96 |
| 9 | 133,38 | 36,39 |
| 10 | 144,81 | 32,93 |
| 11 | 155,68 | 38,41 |
| 12 | 168,51 | 39,38 |
| 13 | 187,11 | 42,91 |
| 14 | 209,89 | 50,28 |
| 15 | 224,0 | 54,45 |
| 16 | 243,89 | 62,79 |
| 17 | 255,44 | 68,57 |
| 18 | 260,25 | 71,78 |
| 19 | 267,95 | 76,91 |
| 20 | 277,25 | 84,61 |
| 21 | 282,38 | 89,42 |
| 22 | 290,08 | 97,12 |
| 23 | 294,57 | 101,93 |
| 24 | 304,51 | 109,49 |
| 25 | 313,17 | 109,83 |
| 26 | 319,41 | 123,34 |
| 27 | 329,8 | 123,0 |
| 28 | 336,73 | 136,85 |
| 29 | 345,39 | 137,2 |
| 30 | 352,32 | 151,06 |
| 31 | 360,29 | 150,71 |
| 32 | 365,83 | 164,91 |
| 33 | 374,15 | 164,91 |
| 34 | 379,34 | 178,77 |
| 35 | 390,43 | 182,58 |
| 36 | 391,17 | 182,83 |

**Vertici strato .....1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 10,0 | 10,0 |
| 2 | 50,84 | 11,17 |
| 3 | 56,71 | 15,37 |
| 4 | 69,07 | 22,85 |
| 5 | 73,3 | 24,65 |
| 6 | 74,34 | 30,2 |
| 7 | 75,91 | 30,79 |
| 8 | 77,51 | 32,74 |
| 9 | 80,29 | 31,35 |
| 10 | 92,65 | 29,37 |
| 11 | 101,87 | 32,64 |
| 12 | 118,11 | 33,47 |
| 13 | 120,11 | 33,45 |
| 14 | 132,83 | 36,0 |
| 15 | 135,26 | 35,67 |
| 16 | 138,24 | 34,11 |
| 17 | 144,95 | 32,2 |
| 18 | 148,01 | 33,73 |
| 19 | 152,57 | 35,13 |
| 20 | 155,34 | 35,19 |
| 21 | 192,82 | 27,19 |
| 22 | 225,87 | 26,88 |
| 23 | 235,01 | 40,7 |
| 24 | 244,76 | 40,41 |
| 25 | 250,21 | 54,44 |
| 26 | 260,12 | 54,1 |
| 27 | 264,9 | 68,12 |
| 28 | 273,56 | 67,8 |
| 29 | 279,09 | 82,13 |
| 30 | 286,99 | 81,9 |
| 31 | 291,71 | 95,54 |
| 32 | 300,17 | 95,28 |
| 33 | 305,17 | 109,27 |
| 34 | 313,41 | 109,01 |
| 35 | 319,7 | 122,99 |
| 36 | 330,02 | 122,69 |
| 37 | 336,76 | 136,41 |
| 38 | 346,19 | 136,42 |
| 39 | 352,65 | 150,65 |
| 40 | 360,65 | 150,41 |
| 41 | 366,35 | 164,34 |

| | | |
|---|---|---|
| 42 | 374,35 | 164,11 |
| 43 | 380,05 | 178,13 |

| | | |
|---|---|---|
| 44 | 383,3 | 178,74 |
| 45 | 391,17 | 182,14 |

**Vertici superficie Nr...1**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 153,63 | 37,45 |
| 2 | 160,4 | 35,35 |
| 3 | 192,89 | 36,17 |
| 4 | 221,44 | 42,58 |
| 5 | 230,74 | 46,11 |
| 6 | 248,7 | 56,38 |
| 7 | 264,42 | 70,49 |
| 8 | 279,5 | 83,97 |
| 9 | 290,66 | 96,32 |

| | | |
|---|---|---|
| 10 | 302,35 | 108,92 |

**Vertici superficie Nr...2**

| N | X m | y m |
|---|---|---|
| 1 | 229,82 | 73,82 |
| 2 | 234,54 | 72,07 |
| 3 | 255,32 | 72,76 |
| 4 | 278,19 | 83,5 |
| 5 | 291,35 | 96,32 |
| 6 | 303,1 | 109,03 |

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

| | |
|---|---|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | Si |

**Stratigrafia**

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

| Strato | c (kg/cm²) | cu (kg/cm²) | Fi (°) | G (kN/m³) | Gs (kN/m³) | K (Kg/cm³) | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,05 | | 33 | 17,5 | | 0,00 | Riporti |
| 2 | 2,28 | | 27 | 27 | | 0,00 | Calcari Antola |

**Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,12**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 14,85 | -7,1 | 14,97 | 1383,18 | 29,05 | 15,21 | 0,04 | 27,5 | 23,0 | 1136,4 | 697,6 |
| 2 | 14,85 | 1,4 | 14,86 | 3859,79 | 81,06 | 42,46 | 0,04 | 27,5 | 49,6 | 3079,0 | 1768,5 |
| 3 | 14,85 | 5,6 | 14,92 | 6113,31 | 128,38 | 67,25 | 0,04 | 27,5 | 73,3 | 4783,2 | 2725,4 |
| 4 | 14,85 | 12,7 | 15,22 | 7901,96 | 165,94 | 86,92 | 0,04 | 27,5 | 96,9 | 5877,5 | 3402,7 |
| 5 | 14,85 | 16,3 | 15,48 | 7787,0 | 163,53 | 85,66 | 0,04 | 27,5 | 103,4 | 5587,8 | 3293,6 |
| 6 | 14,85 | 28,2 | 16,85 | 7166,61 | 150,5 | 78,83 | 0,04 | 27,5 | 99,9 | 4942,1 | 3186,9 |
| 7 | 14,85 | 37,6 | 18,75 | 6656,44 | 139,79 | 73,22 | 0,04 | 27,5 | 70,9 | 4914,6 | 3535,2 |
| 8 | 14,85 | 41,8 | 19,94 | 5540,47 | 116,35 | 60,95 | 0,04 | 27,5 | 38,3 | 4410,2 | 3391,8 |
| 9 | 14,85 | 45,2 | 21,09 | 4322,11 | 90,76 | 47,54 | 0,04 | 27,5 | 18,8 | 3625,8 | 2977,2 |
| 10 | 14,85 | 47,3 | 21,91 | 2007,38 | 42,15 | 22,08 | 0,04 | 27,5 | 13,1 | 1607,7 | 1448,8 |

**Superficie Nr...2 Fattore di sicurezza=1,23**

| Nr. | B | Alfa | Li | Wi | Kh•Wi | Kv•Wi | c | Fi | Ui | N'i | Ti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m | (°) | m | (kN) | (kN) | (kN) | (kg/cm²) | (°) | (kN) | (kN) | (kN) |
| 1 | 7,31 | -12,4 | 7,48 | 346,42 | 7,27 | 3,81 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 406,4 | 240,4 |
| 2 | 7,31 | 1,9 | 7,31 | 920,82 | 19,34 | 10,13 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 905,1 | 487,4 |
| 3 | 7,31 | 1,9 | 7,31 | 1376,77 | 28,91 | 15,14 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1353,7 | 715,2 |
| 4 | 7,31 | 14,8 | 7,56 | 1724,87 | 36,22 | 18,97 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1566,5 | 851,9 |
| 5 | 7,31 | 25,2 | 8,08 | 1877,96 | 39,44 | 20,66 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1663,8 | 966,7 |
| 6 | 7,31 | 25,2 | 8,08 | 2033,57 | 42,71 | 22,37 | 0,04 | 27,5 | 0,0 | 1802,7 | 1044,5 |
| 7 | 7,31 | 33,9 | 8,8 | 2094,81 | 43,99 | 23,04 | 0,04 | 27,5 | 8,8 | 1807,3 | 1145,0 |
| 8 | 7,31 | 44,2 | 10,2 | 1920,45 | 40,33 | 21,12 | 0,04 | 27,5 | 18,5 | 1642,2 | 1217,3 |
| 9 | 7,31 | 46,1 | 10,54 | 1439,27 | 30,22 | 15,83 | 0,04 | 27,5 | 19,5 | 1197,0 | 933,6 |
| 10 | 7,31 | 47,2 | 10,77 | 452,98 | 9,51 | 4,98 | 0,04 | 27,5 | 5,6 | 363,0 | 332,0 |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

