

STRADA STATALE 4 "VIA SALARIA"
**Adeguamento della piattaforma stradale e messa in
sicurezza dal km 56+000 al km 64+000**
Stralcio 1 da pk 0+000 a pk 1+900

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **RM180**

PROGETTAZIONE: R.T.I.: PROGER S.p.A. (capogruppo mandataria)
PROGIN S.p.A.
S.I.N.A. S.p.A. – BRENG S.r.l.

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Antonio GRIMALDI (Progin S.p.A.)
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli n. 23799

CAPOGRUPPO MANDATARIA:



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Gianluca PANDOLFI ELMI (Progin S.p.A.)
Ordine dei Geologi Regione Umbria n. 467



Direttore Tecnico:
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE

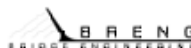
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Michele CURIALE (Progin S.p.A.)



VISTO: IL RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO

Dott. Ing. Paolo NARDOCCI



PROTOCOLLO

DATA

202

TRINCEE

Trincea in sx da pk 0+868 a pk 0+957

CODICE PROGETTO

D P R M 3 6 8 E 2 3

NOME FILE

T01OM03STRRE01C

REVISIONE

SCALA:

CODICE

T 0 1 O M 0 3 S T R R E 0 1

C

ELAB.

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C	Emissione a seguito istruttoria ANAS e validazione	Febbraio 2024	Furlani	D'Alterio	L. Infante
B	Emissione a seguito istruttoria ANAS	05-2023	Furlani/Gasperoni	D'Alterio	L. Infante
A	Prima emissione	09-2022	Furlani/Gasperoni	D'Alterio	L. Infante

Sommario

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1	Normativa di riferimento	3
2.2	Documenti di riferimento	3
2.3	Programmi di calcolo	3
3	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	4
3.1	Caratterizzazione geomeccanica	4
3.2	Rappresentazione stereografica	7
4	ANALISI DI STABILITA'	9
4.1	Metodologie di calcolo verifica di stabilità	9
4.2	Azioni sismiche per analisi di stabilità	11
4.3	Sezione di calcolo	13
4.4	Risultati	13
5	APPENDICE A	17
5.1	Analisi statica	17
5.2	Analisi sismica	26

1 PREMESSA

La revisione in oggetto è emessa per riscontro ai commenti di istruttoria Anas e validazione (IT22009AR-004-SP-0006-0 del 19/11/2023 ITS Controlli Tecnici SpA).

Nell’ambito della progettazione definitiva dell’intervento di adeguamento della piattaforma stradale e messa in sicurezza dal km 56+000 al km 64+000 della Strada Statale 12 “via Salaria” – Stralcio 1 (dal km 0+000 al km 1+900) è prevista la realizzazione di diverse trincee costituite da sezioni di scavo gradonate su più banche.

La presente relazione riguarda la trincea OM03 prevista in sinistra tra il km 0+868 e il km 0+957, che si sviluppa per circa 90 m.

Ogni taglio subverticale ha una pendenza 10/3 mentre le banche, di larghezza pari a 4 m, vengono previste ogni 10 m di scavo. Nel caso in esame si configura un’altezza massima di scavo di circa 12.5 m con l’inserimento di 1 banca intermedia (vedasi figura seguente).

Sul primo taglio subverticale vengono previsti dreni suborizzontali ed un pannello costituito da un traliccio e rivestito superficialmente da pietra.

Nella configurazione finale il sistema di protezione si presta ad ospitare inerbimenti e vegetazione spontanea minimizzando l’impatto visivo dello scavo (in Figura 2 una rappresentazione indicativa dell’inserimento ambientale).

Nel seguito dopo, dopo un breve richiamo delle condizioni geotecniche, si espongono le analisi e le verifiche di stabilità condotte in conformità alla normativa vigente (DM 2018).

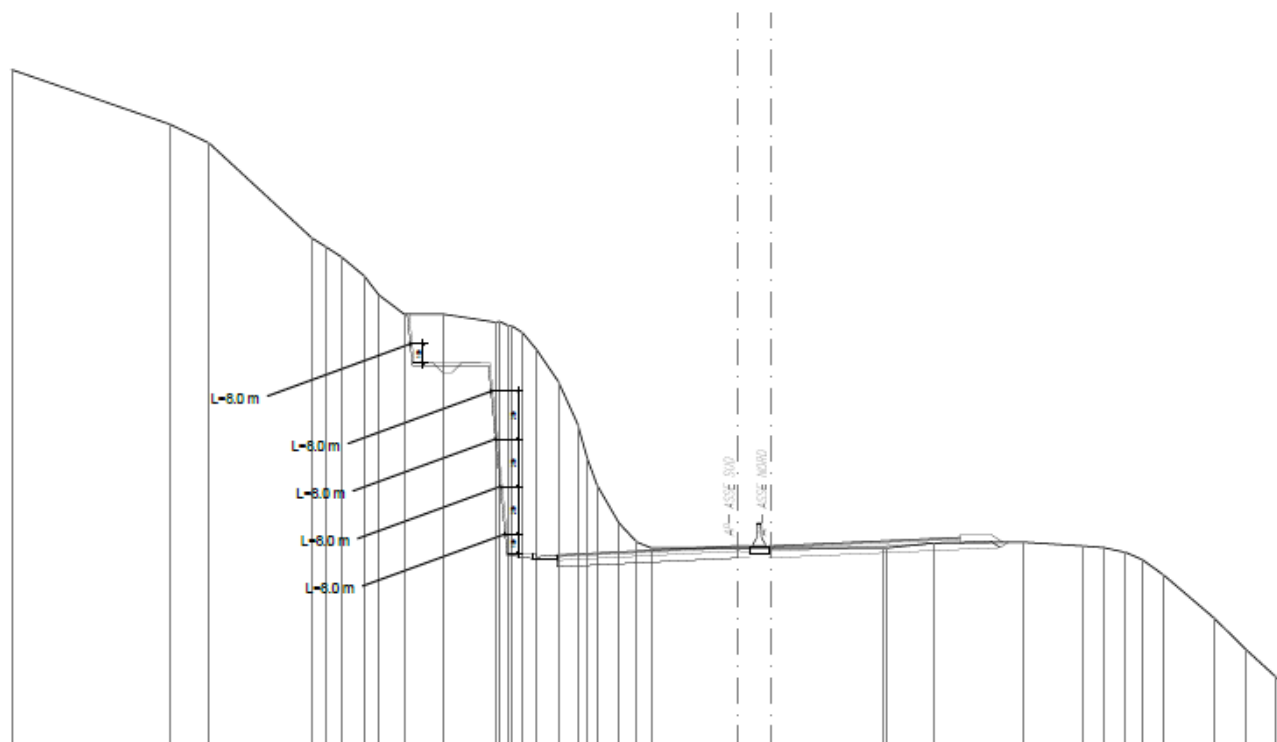


Figura 1 – Sezione OM03



Figura 2 – Configurazione finale delle trincee (schema illustrativo)

2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

2.1 **Normativa di riferimento**

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018) e Circolare Applicativa.

2.2 **Documenti di riferimento**

I documenti presi a riferimento per la stesura del presente elaborato sono i seguenti.

- [N.2]. T01GE01 GEO RE01 – Relazione geologica.
- [N.3]. T01GE01 GEO CG01÷02 – Carta geologica.
- [N.4]. T01GE04 GEO SZ01 – Sezioni geologiche.
- [N.5]. T01GE01 GEO FG01 – Profilo geologico.
- [N.6]. T01GE01 GEO RE01 – Relazione geotecnica generale.
- [N.7]. T01GE02 GEO FG01÷02 – Profilo geotecnico.
- [N.8]. T01GE02 GEO SZ01÷03 – Sezioni geotecniche.
- [N.9]. T01GE01 GEO RE02 – Relazione geostrutturale e geomeccanica.

2.3 **Programmi di calcolo**

Nella redazione del presente documento sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- RocLab – Il programma, prodotto da Rocscience, è stato adottato per valutare i parametri geomeccanici della formazione rocciosa.
- Slide 7” - Il programma di calcolo, prodotto da Rocscience, è stato adottato per le verifiche di stabilità.

Per i programmi citati, con riferimento al paragrafo 10.2 del D.M. 14.01.2018 e relativa Circolare esplicativa, si dichiara che:

- i risultati dei calcoli eseguiti con l'utilizzo del calcolatore sono stati verificati dal progettista;
- i risultati presentati nelle forme allegate al progetto ne garantiscano la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità;
- l'affidabilità dei codici utilizzati è stata verificata attraverso esame preliminare, di valutazione dell'affidabilità e soprattutto dell'idoneità del programma nel caso specifico di applicazione;
- la validazione dei codici di calcolo è stata verificata sia per confronto con soluzioni semplificate con metodi tradizionali, sia dall'esame della documentazione fornita dal produttore/distributore sulle modalità e procedure seguite per la validazione generale del codice.

3 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

3.1 Caratterizzazione geomeccanica

Nel profilo stratigrafico longitudinale e nelle sezioni geotecniche sono riportati in forma grafica i risultati delle indagini e sono mostrate le correlazioni stratigrafiche con indicazione delle unità geotecniche intercettate; è anche indicato il livello di falda massimo rilevato da letture piezometriche ed il livello di falda di progetto.

Le scarpate di scavo sono previste generalmente nella formazione dei calcari marnosi della scaglia rossa (unità SR).

Tale scarpata è in condizione di traversopoggio, con inclinazione massima degli strati di $20\pm 24^\circ$ e inclinazione apparente di 18° lungo la sezione trasversale.

Nella seguente figura si riporta la sezione geologica rappresentativa con la rappresentazione delle discontinuità rilevate in sito.

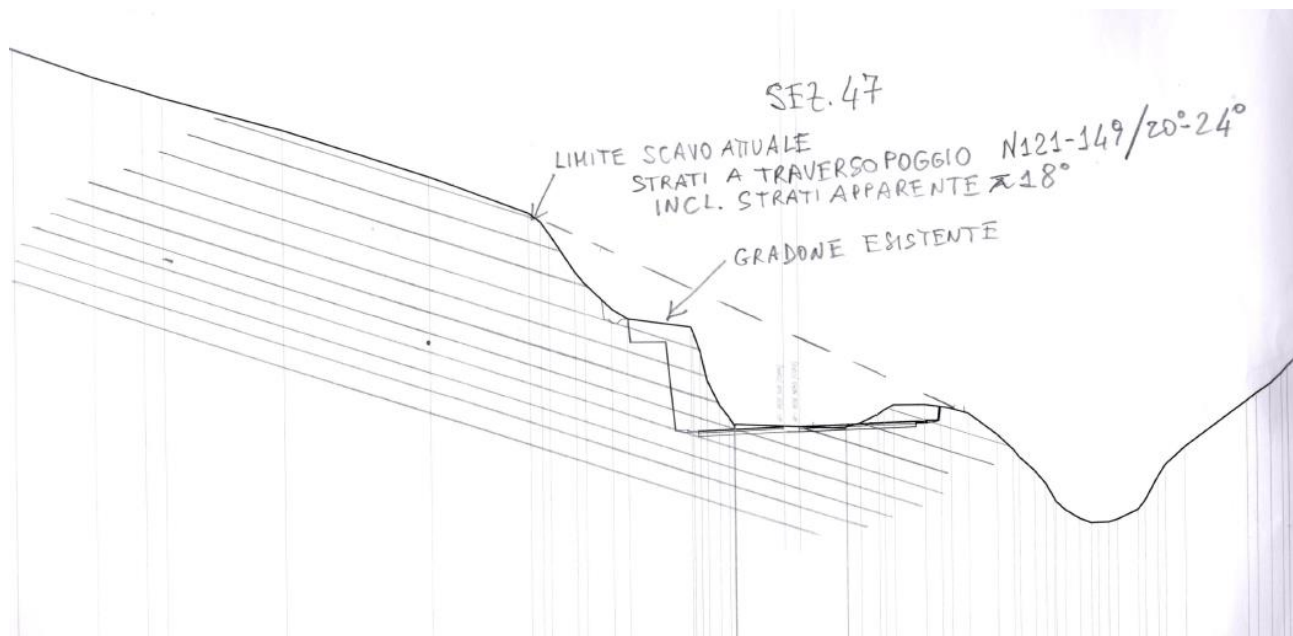


Figura 3 – Sezione geomeccanica OM01

Le caratteristiche dell’ammasso roccioso sono state determinate nella Relazione Geotecnica Generale, alla quale si rimanda per gli approfondimenti nel caso.

Per la definizione dei parametri geomeccanici di progetto si è eseguita una analisi con il programma “RocLab (Rocscience)” considerando criterio di rottura di Hoek e Brown (2002) ed i parametri geomeccanici desunti dalle indagini più vicine (GSI, σ_c).

In particolare, per i depositi rocciosi in esame si è assunto:

- $m_i = 8$,
- $MR = 900$ da cui $E_i = MR \cdot \sigma_c$ $MR = 900$ da cui $E_i = MR \cdot \sigma_c$; si è comunque verificato che i valori di modulo di deformazione così ottenuti sono in linea con quelli misurati con le prove di compressione di laboratorio eseguite con misura delle deformazioni (vedasi report laboratorio campagna 2021).
- un coefficiente di disturbo relativo allo scavo $D = 0.7$ (assunzione cautelativa in considerazione del fatto che la scarpata è soggetta ad operazioni di scavo che creano comunque disturbo)..

Per l’opera in esame si sintetizzano di seguito le indagini di riferimento ed i parametri utili per la caratterizzazione geomeccanica: valore di GSI e resistenza a compressione monoassiale media e decimo percentile. Relativamente alla compressione monoassiale è stato dato maggior peso alle prove di laboratorio in quanto più cautelative oltre che di maggiore qualità ed affidabilità rispetto alle misurazioni in sito fatte nelle stazioni geomeccaniche mediante misure sclerometriche.

Tabella 1 – Indagini di riferimento e valori di GSI e resistenza a compressione monoassiale – OM03

ID MS.TR	progressive		CARREGGIATA	N. SEZIONE	INDAGINI	GSI	σ_c ,media [MPa]	σ_c ,10% [MPa]
	inizio	fine						
MS.TR.03.S	0+868	0+957	SUD	47 pk 0+920	GE01	36	49	30

Di seguito si riportano i range dei parametri geomeccanici individuati con “RocLab (Rocscience)” considerando il criterio di rottura di Hoek e Brown (2002), per una profondità di riferimento dello scavo H = 15 m. Il valore di σ_c medio individua il limite superiore del range, mentre il decimo percentile individua il limite inferiore.

Nelle figure a seguire sono mostrati i dati di input ed i risultati del programma “RocLab (Rocscience)”.

Unità SR (calcarei marnosi)

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

peso di volume naturale

$c' = 93 \div 119$ (100) kPa

coesione drenata (valore medio)

$\phi' = 39^\circ \div 43^\circ$ (41)

angolo di resistenza al taglio (valore medio)

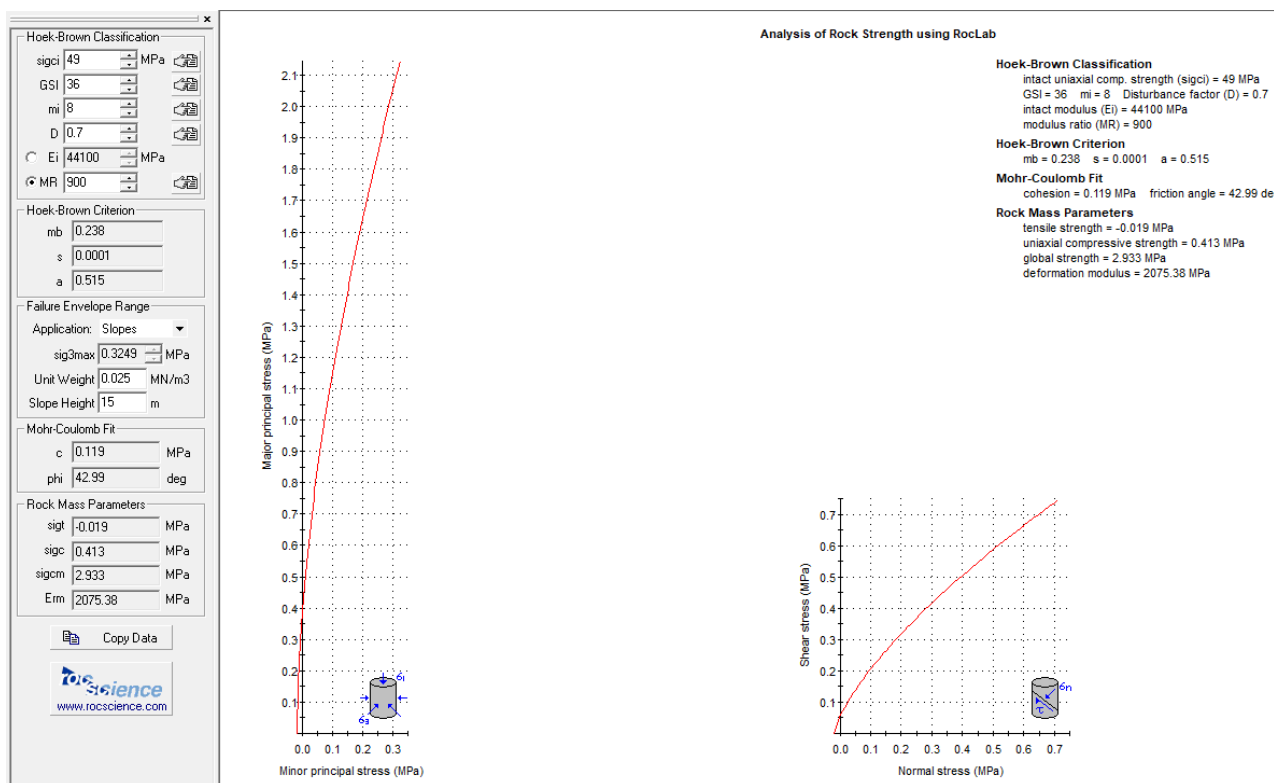
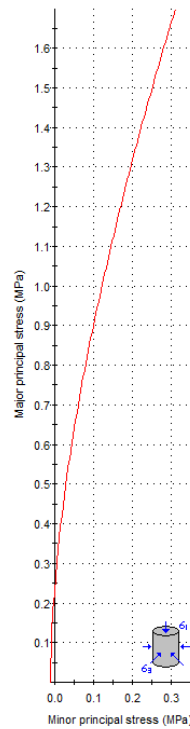
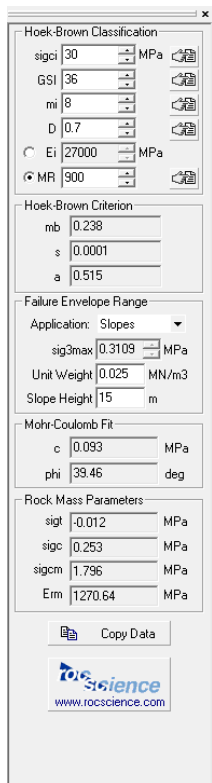


Figura 4 – Parametri di resistenza – OM03 ($\sigma_c=49$ MPa)



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (sigci) = 30 MPa
 GSI = 36 mi = 8 Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (Ei) = 27000 MPa
 modulus ratio (MR) = 900

Hoek-Brown Criterion
 mb = 0.238 s = 0.0001 a = 0.515

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.093 MPa friction angle = 39.46 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.012 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.253 MPa
 global strength = 1.796 MPa
 deformation modulus = 1270.64 MPa

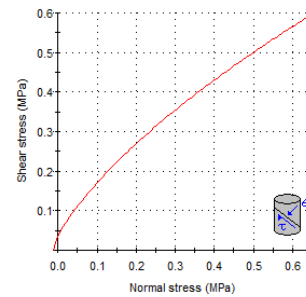


Figura 5 – Parametri di resistenza – OM03 ($\sigma_c=30$ MPa)

Trattandosi di fratture disposte a traverpoggio, la cinematica traslativa lungo i piani di frattura esistenti può essere esclusa a priori. Pertanto, la stabilità della scarpata è principalmente governata dalla resistenza della roccia a livello di ammasso, determinata mediante il criterio di Hoek e Brown (2002), come dettagliatamente documentato nella Relazione Geotecnica Generale alla quale si rimanda.

Nel seguito si è fatta la scelta sicuramente cautelativa di introdurre un criterio di resistenza anisotropo implementato all'interno del programma Slide e chiamato Anisotropic Linear, che consente di definire piani di debolezza lungo i quali considerare una resistenza inferiore a quella dell'ammasso e attribuibile alle fratture.

La resistenza allo scorrimento che si ha lungo le fratture può essere descritta mediante il criterio proposto da Barton & Choubey:

$$\tau = \sigma_n \tan \left[\phi_b + JRC \cdot \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

in cui JRC descrive le caratteristiche di scabrezza e JCS la resistenza intrinseca delle asperità e viene espresso come resistenza a compressione monoassiale della porzione rocciosa lungo la discontinuità. L'angolo di resistenza di base, ϕ_b , è rappresentativo delle superfici di roccia artificiali lisce, e per la maggior parte delle rocce varia tra 25-35°, e quindi notevolmente inferiore all'angolo di attrito interno delle rocce, con il quale non deve essere confuso.

Nel caso in esame si è cautelativamente considerato $JRC = 8$, $JCS = 30 \text{ MPa}$, $\phi_b = 25^\circ$. Il criterio sopra descritto, opportunamente linearizzato nell’ambito delle tensioni di confinamento di interesse progettuale, porta a determinare parametri di resistenza al taglio Mohr-Coulomb equivalenti, valutati nell’intervallo tensionale $0 < \sigma_n < 1000 \text{ KPa}$:

$c' = 0 \text{ kPa}$

$\phi' = 50^\circ\text{-}40^\circ$ decrescenti al crescere della tensione di confinamento

Nel seguito si è scelto di usare il valore minimo dell’angolo di resistenza al taglio, quindi $\phi' = 40^\circ$.

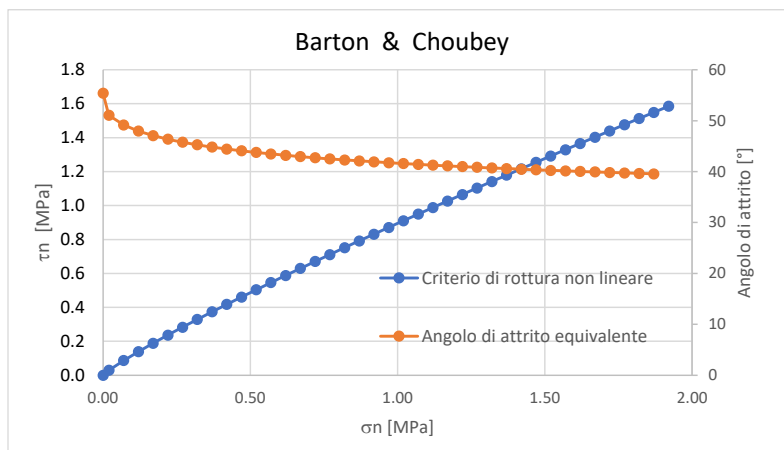


Figura 6 – Criterio di Barton & Choubey e angolo di attrito equivalente in funzione dello stato tensionale

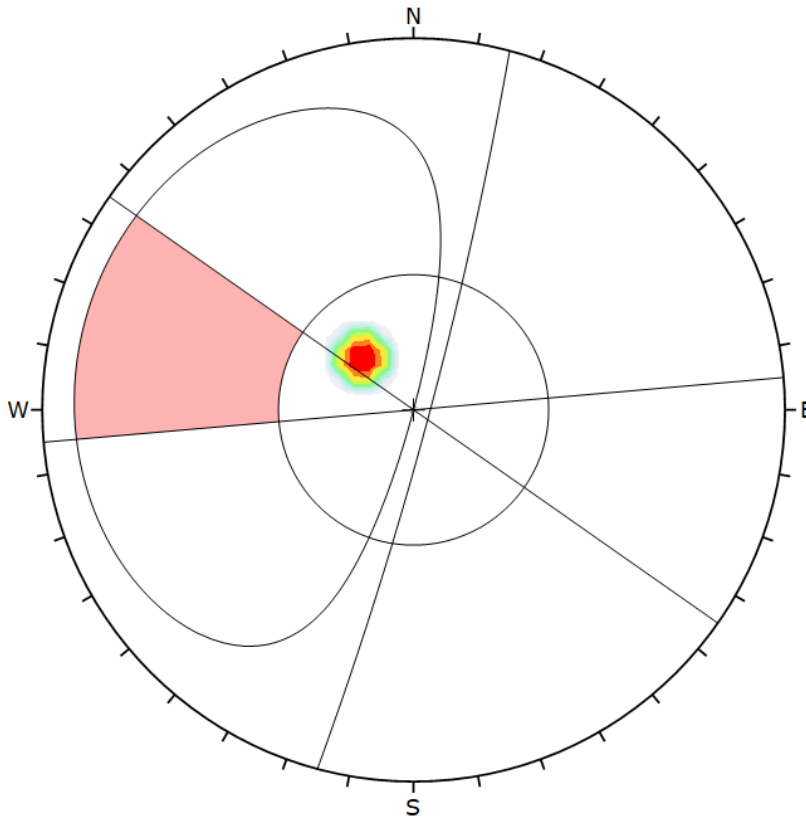
3.2 Rappresentazione stereografica

Di seguito si riporta la rappresentazione stereografica del sistema frattura-parete di scavo.

Si richiamano i dati geometrici che identificano l’orientamento dei piani:

- Frattura: N135/22°
- Parete di scavo: N105/85°

Come si osserva dall’immagine seguente, il polo della frattura cade fuori dall’area di possibile scivolamento planare.



Color	Density Concentrations		
	0.00 - 9.80		
	9.80 - 19.60		
	19.60 - 29.40		
	29.40 - 39.20		
	39.20 - 49.00		
	49.00 - 58.80		
	58.80 - 68.60		
	68.60 - 78.40		
	78.40 - 88.20		
	88.20 - 98.00		
Maximum Density	97.16%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	85		
Slope Dip Direction	105		
Friction Angle	40°		
Lateral Limits	20°		
	Critical Total %		
Planar Sliding (All)	0	1	0.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	1 (1 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Figura 7 – Rappresentazione stereografica

4 ANALISI DI STABILITA'

4.1 Metodologie di calcolo verifica di stabilità

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il codice di calcolo SLIDE 7.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Il coefficiente di sicurezza a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}} \quad \text{coefficiente di sicurezza}$$

In conformità alla normativa vigente l'analisi di stabilità globale deve svolgersi agli SLU: A2+M2+R2.

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$$\gamma_\varphi = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio}$$

$$\gamma_c = 1.25 \quad \text{coefficiente parziale per la coesione drenata}$$

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$$\tan(\varphi'd) = \tan(\varphi'k) / \gamma_\varphi \quad \text{angolo di resistenza al taglio}$$

$$c'd = c'k / \gamma_c \quad \text{coesione drenata}$$

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R) in condizioni SLU statiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è $FS \geq 1.1$.

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione $Ed < Rd$ § 6.2.1 delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Come già detto, si è utilizzato un criterio di resistenza denominato Anisotropic Linear, che consente di definire piani di debolezza lungo i quali considerare una resistenza inferiore a quella dell'ammasso e attribuibile alle fratture. In particolare si è considerata una direzione pari a quella rilevata durante i rilievi geomeccanici, considerando un fascio di +/- 5°. Le superfici che si posizionano in tale fascio sono caratterizzate con i parametri di resistenza delle fratture: $c'=0$ kPa $\varphi'=40^\circ$, determinati come indicato al paragrafo 3.2.

Si rimarca che tale modo di procedere è una scelta di calcolo cautelativa, in quanto trattandosi di inclinazione a traverpoggio, la cinematica planare di slittamento può essere esclusa a priori.

Per le verifiche di stabilità in presenza di scarpate con chiodature, il programma SLIDE consente di usare l'opzione "Support" in cui i singoli chiodi sono modellati come "soil nail", a cui viene assegnata la forza limite dell'acciaio, la forza

limite allo sfilamento, l'interasse chiodi. Nel caso in esame le chiodature sono realizzate con barre diametro 25 mm (resistenza minima allo snervamento di 500 MPa ed a rottura di 550 MPa), diametro di perforazione ≥ 60 mm.

I valori della resistenza tangenziale, s , all'interfaccia chiodo cementato e roccia dipendono sia dalla natura e dalle caratteristiche della roccia, sia dalla tecnologia esecutiva, e vengono ricavati dai seguenti abachi sperimentali che sono il frutto di numerose sperimentazioni effettuate in scala reale (Bustamante & Doix). Nella seguente figura si riporta l'abaco proposto dagli autori per le rocce fratturate, ove la curva R1 identifica la tecnologia IRS e la curva R2 identifica la tecnologia IGU. Le prove pressiometriche disponibili hanno misurato valori della pressione limite $p_{lim} = 5.0-9.0$ MPa. Considerando cautelativamente il limite inferiore di p_{lim} e la tecnologia IGU si ottiene una resistenza $s = 550$ kPa al quale va associato il coefficiente di maggiorazione $\alpha = 1.10$ (vedasi figura Figura 8). Pertanto, la resistenza limite vale:

$$\alpha \tau_{lim} = s \cdot \alpha = 550 \cdot 1.10 \approx 600 \text{ kPa.}$$

Nei calcoli si è prudenzialmente limitato il valore della resistenza limite a:

$$\alpha \tau_{lim} = 400 \text{ kPa.}$$

In base alle caratteristiche delle chiodature i dati di input del calcolo sono i seguenti:

$F_s = 213$ kN forza assiale limite acciaio (area barra 491 mm²), resistenza di progetto strutturale della barra

$F_f = (\pi \cdot D_p \cdot \alpha \tau \cdot L) / F_S = 279$ kN resistenza allo sfilamento di progetto della barra

$D_p = 60$ mm diametro di perforazione di calcolo

$\alpha \tau = 400$ kPa tensione di adesione fondazione-terreno per unità SR

$F_S = \gamma_R \cdot \xi_3 = 1.2 \cdot 1.8 = 2.16$ fattori parziali da normativa per tiranti permanenti ed una verticale di indagine

$L = 8.0$ m lunghezza barra per tutte le scarpate in unità SR

$B = 279 / 8 = 35$ kN/m forza a metro di barra (Bond Strength)

Interasse = 2.5 m.

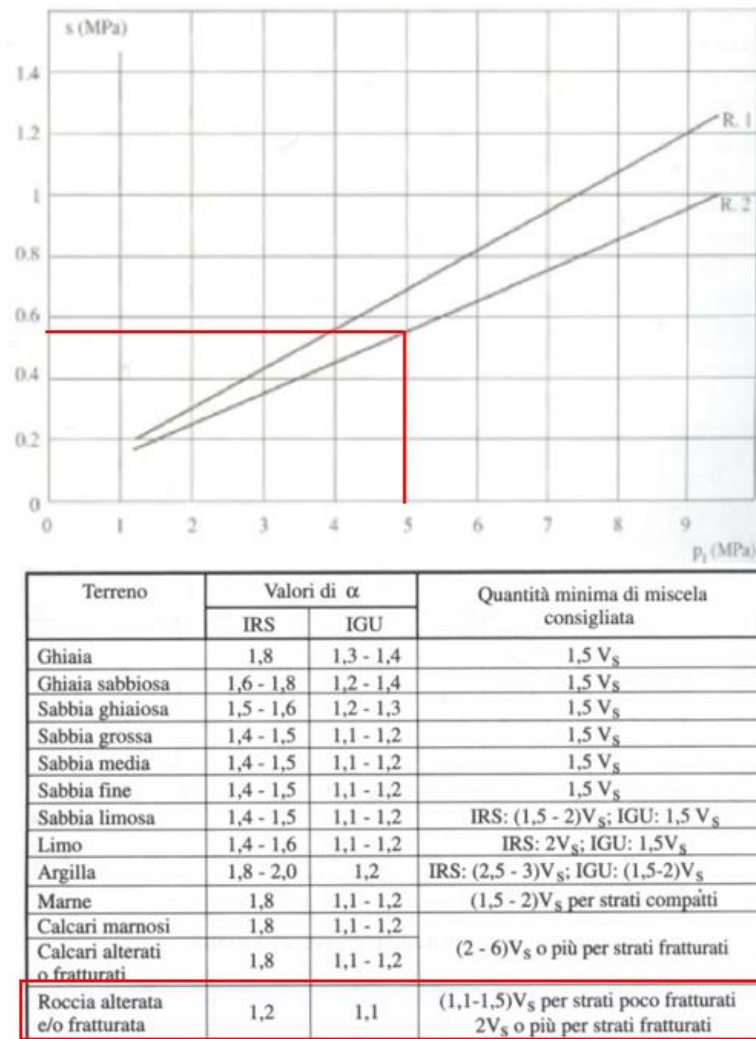


Figura 8 – Resistenze suggerite da Bustamante & Doix per terreni rocciosi (R.2=IGU)

4.2 Azioni sismiche per analisi di stabilità

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo γ sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

γ = peso specifico del volume considerato.

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale (a_h) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

dove:

k_h = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

k_v = coefficiente sismico in direzione verticale;

β_s = coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo. Per le analisi di stabilità sismiche SLV di fronti di scavo e rilevati (paragrafo 7.11.4 NTC 2018), il coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito va assunto pari a $\beta_s = 0.38$ per le verifiche allo SLV.

Per le opere in esame si considera un'accelerazione in sito $a_{max} = a_g * S_s * S_t = 0.204 * 1.0 * 1.4 = 0.285g$, quindi si ha:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.38 \cdot 0.28 = 0.109$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.055$$

4.3 Sezione di calcolo

È stata analizzata la seguente sezione rappresentativa in relazione alla massima altezza di scavo ed al modello geomeccanico di riferimento.

- Sezione 47 al km 0+920 carreggiata sud in unità SR

Si assumono i seguenti parametri caratteristici per la caratterizzazione geotecnica dell'ammasso roccioso; nelle analisi i cui risultati sono esposti nel successivo paragrafo, i parametri geotecnici caratteristici sono stati opportunamente fattorizzati con i coefficienti parziali come richiesto dalle specifiche verifiche da NTC 2018 per le condizioni statiche SLU e sismiche SLV.

Unità SR (calcari marnosi)

$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 100 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 41$	angolo di resistenza al taglio

i parametri di resistenza delle fratture: $c'=0 \text{ kPa}$ $\phi'=40^\circ$ (paragrafo 3.2).

Nelle figure seguenti la linea blu indica il livello falda, che cautelativamente è inserito nel pendio ma non interferisce con le scarpate di scavo.

4.4 Risultati

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità della scarpata di scavo definitiva sia in condizioni statiche SLU che sismiche SLV (eseguite considerando $\pm kv$, di seguito si riporta la condizione più gravosa). Per l'analisi statica sono state inserite più figure per la stessa analisi in quanto sono stati inseriti diversi intervalli di ricerca delle superfici di scorrimento per individuare tutti i possibili meccanismi.

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto da normativa ($\gamma_R \geq 1.1$ per le analisi statiche SLU e $\gamma_R \geq 1.2$ per le analisi sismiche SLV); quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.

La resistenza delle barre viene inserita all'interno del programma Slide. Quando una superficie di rottura generata dal programma intercetta la barra, il programma applica automaticamente la forza stabilizzante determinata come il valore minimo tra la resistenza strutturale della barra ($N_{yd} = 213 \text{ kN}$) e la resistenza a sfilamento determinata in funzione della lunghezza della barra ancorata nella zona stabile. Quindi la verifica strutturale della barra è automaticamente soddisfatta all'interno della procedura del programma di calcolo, in quanto ne limita la resistenza stabilizzante massima disponibile. In Figura 11 si determinano le massime forze stabilizzanti esercitate dalle chiodature per tutte le superfici di rottura, in Figura 12 si riportano le forze relative alla superficie di rottura con coefficiente di sicurezza minimo. Il valore massimo vale 56 kN/m , che moltiplicato per l'interasse di progetto delle barre pari a 2.5 m , restituisce un carico massimo di progetto pari a 140 kN , risultando:

$$R_d = 213 \text{ kN} > 140 \text{ kN} = N_d$$

La verifica è soddisfatta.

In Appendice A si riportano i tabulati delle analisi.

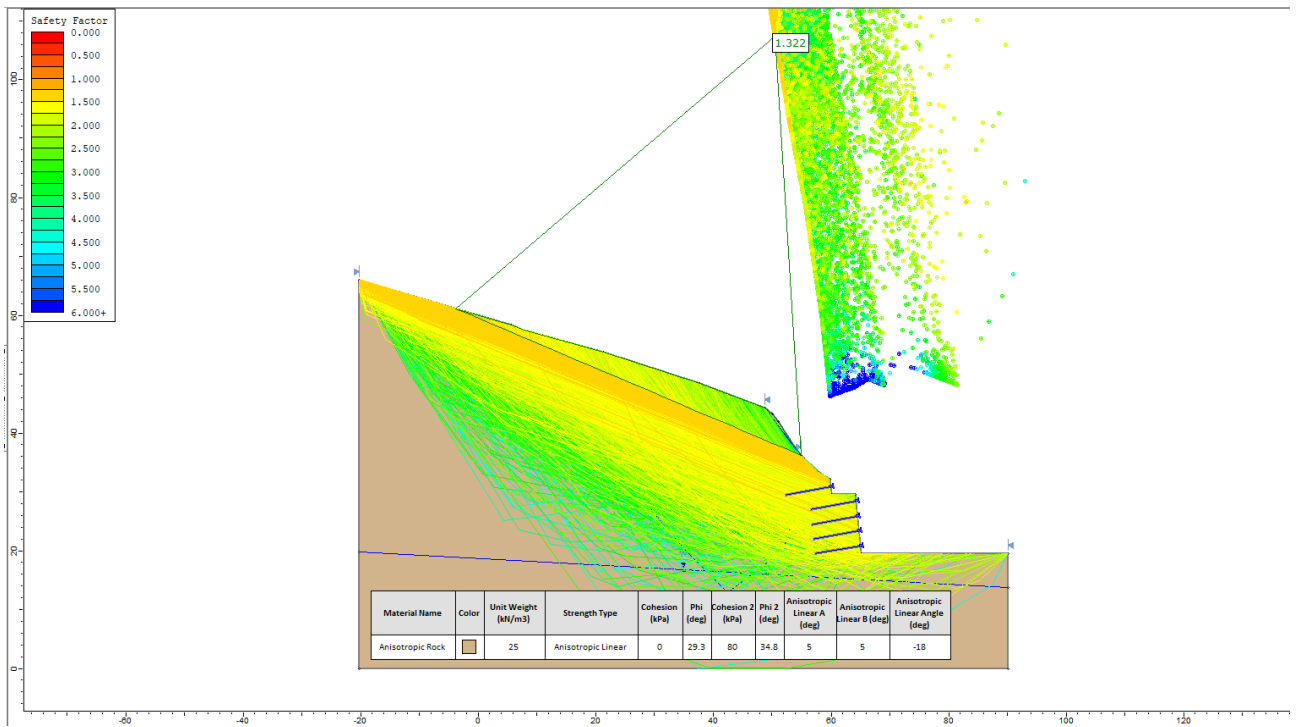
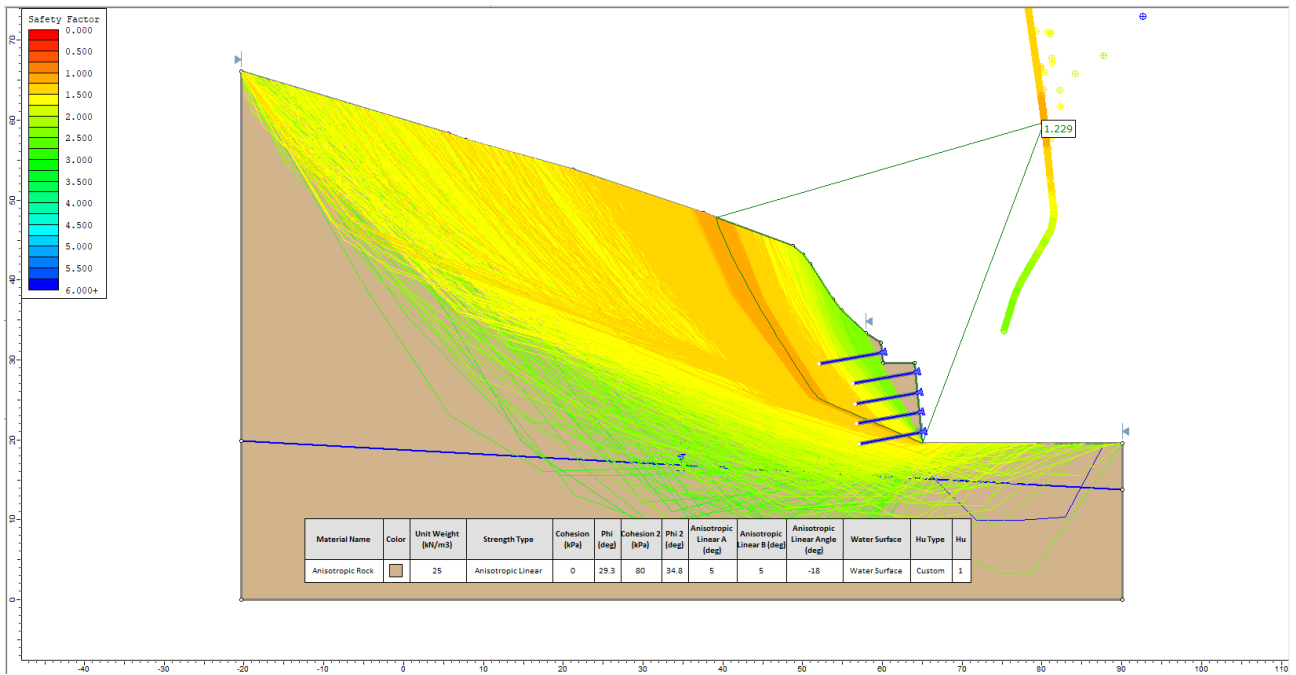


Figura 9 – Sezione 47 al km 0+920 carr. sud - Analisi statica SLU

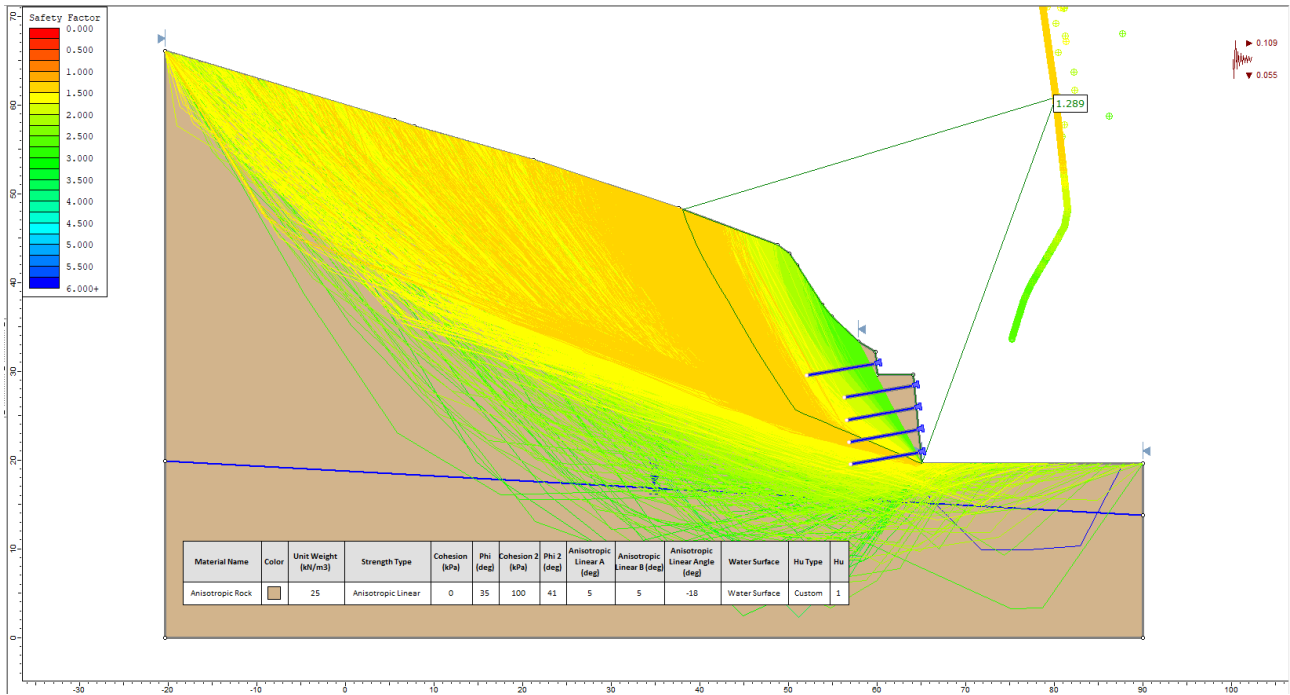


Figura 10 – Sezione 47 al km 0+920 carr. sud - Analisi sismica SLV (kv+)

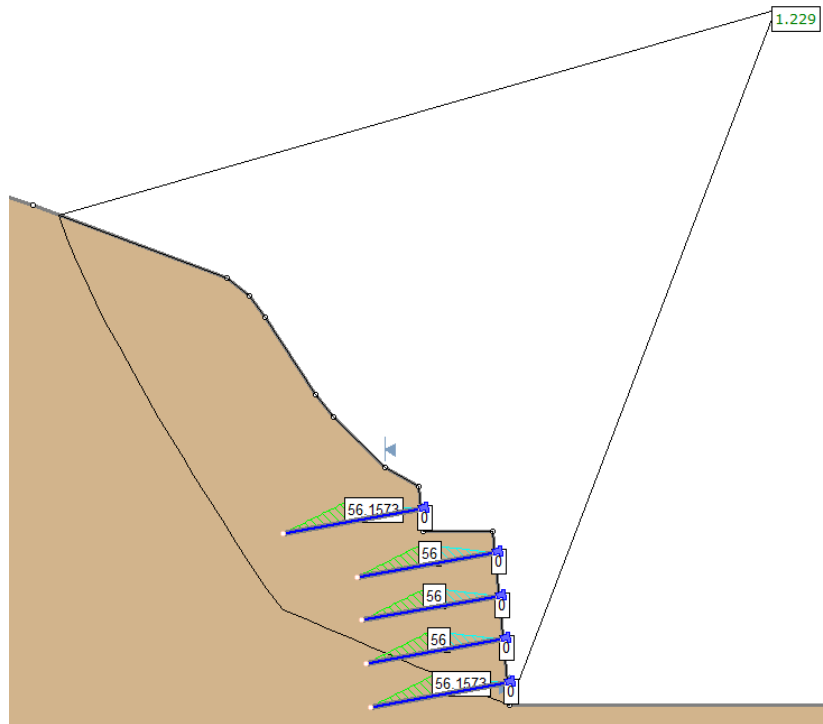


Figura 11 –Forza massima chiodature per tutte le superfici di rottura

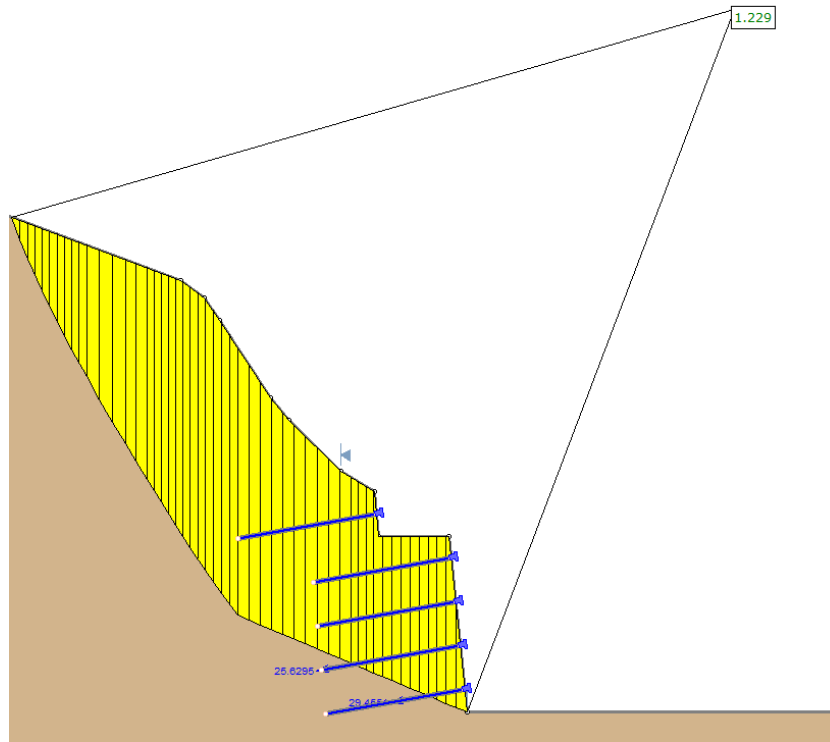


Figura 12 –Forze chiodature per superficie critica

5 APPENDICE A

5.1 Analisi statica

Slide Analysis Information

sez.47statica

Project Summary

File Name: sez.47statica.slmd
 Slide Modeler Version: 8.021
 Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Date Created: 02/10/2017, 09:00:02

Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Global Minimum	Compute Time
	Anisotropic_Static SLU_01	Bishop Simplified: 1.228850	00h:00m:01.716s
Rinforzi	Anisotropic_Static SLU_02	Bishop Simplified: 1.322310	00h:00m:01.887s

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
 Time Units: days
 Permeability Units: meters/second
 Data Output: Standard
 Failure Direction: Left to Right

Analysis Options

All Open Scenarios	
Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

All Open Scenarios	
Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

All Open Scenarios	
Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

All Open Scenarios	
Search Method:	Cuckoo Search
Initial # of Surface Vertices:	8
Maximum Iterations:	500
Number of Nests:	50
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined
Convex Surfaces Only:	Enabled

Seismic Loading

All Open Scenarios	
Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Materials

Property	Anisotropic Rock
Color	
Strength Type	Anisotropic Linear
Unit Weight [kN/m3]	25
Cohesion 1 [kPa]	0

Cohesion 2 [kPa]	80
Friction Angle 1 [°]	29.3
Friction Angle 2 [°]	34.8
A [°]	5
B [°]	5
Anisotropic Definition	Angle
Angle from 1 [°]	-18
Anisotropic Surface	
Water Surface	Assigned per scenario
Hu Value	1

Materials In Use

Material	Anisotropic_Static SLU_01	Anisotropic_Static SLU_02
Anisotropic Rock		

Support

Support 1

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Active
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
- Tensile Capacity: 213 kN
- Plate Capacity: 0 kN
- Bond Strength: 35 kN/m

Global Minimums

Rinforzi - Anisotropic_Static SLU_01		Rinforzi - Anisotropic_Static SLU_02	
Method: bishop simplified		Method: bishop simplified	
FS	1.228850	FS	1.322310
Axis Location:	80.290, 59.648	Axis Location:	50.439, 107.408
Left Slip Surface Endpoint:	39.113, 47.818	Left Slip Surface Endpoint:	-3.841, 61.129
Right Slip Surface Endpoint:	65.048, 19.608	Right Slip Surface Endpoint:	54.894, 36.216
Resisting Moment:	211699 kN-m	Resisting Moment:	149652 kN-m
Driving Moment:	172274 kN-m	Driving Moment:	113175 kN-m
Active Support Moment:	-1890.18 kN-m	Total Slice Area:	181.635 m2
Maximum Single Support Force:	29.4551 kN	Surface Horizontal Width:	58.7349 m
Total Support Force:	55.0845 kN	Surface Average Height:	3.09246 m
Total Slice Area:	262.016 m2		
Surface Horizontal Width:	25.9351 m		
Surface Average Height:	10.1028 m		

Global Minimum Coordinates

Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_01		Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_02	
Method: bishop simplified		Method: bishop simplified	
X	Y	X	Y
39.1126	47.8177	-3.84101	61.1292
39.5652	46.5464	-2.06123	60.3765
40.0179	45.4299	-0.281453	59.6239
40.8627	43.6218	2.25082	58.553
41.7074	41.8365	4.47658	57.6088
42.5522	40.2724	6.70233	56.6657
43.3875	38.7258	9.47334	55.4895
44.1227	37.4138	12.2444	54.3133
44.8589	36.1265	14.4936	53.3586
45.5952	34.912	16.7428	52.4039
46.227	33.9012	18.992	51.4492
46.8588	32.8904	21.2413	50.4945
47.6746	31.5853	23.4905	49.5398
48.4905	30.2801	25.7397	48.5851
49.3063	28.975	28.5803	47.3793
50.1221	27.7159	31.4209	46.1736
51.0544	26.3737	34.2615	44.9679
51.9868	25.1414	37.102	43.7622
53.2791	24.5939	39.9426	42.5564
54.5713	24.0464	42.7832	41.3507
55.8656	23.4981	45.2258	40.3139
57.16	22.9497	47.6684	39.2771
58.4543	22.4013	50.0303	38.2746
59.7487	21.853	52.28	37.3196
60.7781	21.4168	54.8939	36.2165
61.8075	20.9807		
62.8369	20.5446		
63.8664	20.1085		
65.0476	19.608		

Valid/Invalid Surfaces

Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_01		Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_02	
Method: bishop simplified		Method: bishop simplified	
Number of Valid Surfaces:	12094	Number of Valid Surfaces:	15467
Number of Invalid Surfaces:	12960	Number of Invalid Surfaces:	9587

Slice Data

Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_01													Rinforzi - Anisotropic_Statca SLU_02												
• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22885													• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.32231												
Slice Nu	Width [m]	Weight	Angle of	Base	Base Co	Base Fric	Shear Str	Shear Str	Base No	Porosity Pre	Effective Ve	Effective	Slice Nu	Width [m]	Weight	Angle of	Base	Base Co	Base Fric	Shear Str	Shear Str	Base No	Porosity Pre	Effective Ve	Effective

mb er		[k N]	Slic e Bas e [de gres]	Mat erial	hes ion [kP a]	tio n An gle [de gres]	ess [kP a]	eng th [kP a]	rm al Str ess [kP a]	ssu re [kP a]	No rm al Str ess [kP a]	rti cal Str ess [kP a]	Ver tic al Str ess [kP a]	mb er		[k N]	Slic e Bas e [de gres]	Mat erial	hes ion [kP a]	tio n An gle [de gres]	ess [kP a]	eng th [kP a]	rm al Str ess [kP a]	ssu re [kP a]	No rm al Str ess [kP a]	rti cal Str ess [kP a]	Ver tic al Str ess [kP a]
1	0.4 526 36	6.2 37 13	- 70. 402	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	28. 16 06	34. 60 52	- 65. 31	0	- 65. 31	13. 77 97	13. 77 97	1	0.8 898 89	1.2 23 05	- 22. 922	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	0.4 945 24	0.6 539 14	1.1 65 26	0	1.1 65 26	1.3 74 39	1.3 74 39
2	0.4 526 36	17. 83 53	- 67. 931	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	36. 48 64	44. 83 63	- 50. 59	0	- 50. 59	39. 40 34	39. 40 34	2	0.8 898 89	3.6 69 15	- 22. 922	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	1.4 835 7	1.9 617 4	3.4 95 78	0	3.4 95 78	4.1 23 15	4.1 23 15
3	0.4 223 96	25. 58 75	- 64. 956	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	44. 95 06	55. 23 75	- 35. 62	0	- 35. 62	60. 57 72	60. 57 72	3	1.7 797 8	14. 67 58	- 22. 921	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	2.9 67 232	3.9 91 9	6.9 2 2	0	6.9 91 2	8.2 45 82	8.2 45 82
4	0.4 223 96	33. 46 92	- 64. 956	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	49. 72 49	61. 10 44	- 27. 18	0	- 27. 18	79. 23 67	79. 23 67	4	1.2 661 4	16. 39 63	- 22. 923	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	4.6 595 4	6.1 613 5	10. 97 94	0	10. 97 94	12. 94 99	12. 94 99
5	0.4 223 96	41. 29 09	- 64. 677	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	54. 84 01	67. 39 01	- 18. 14	0	- 18. 14	97. 75 42	97. 75 42	5	1.2 661 4	21. 34 88	- 22. 923	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	6.0 669 3	8.0 223 6	14. 29 57	0	14. 29 57	16. 86 14	16. 86 14
6	0.4 223 96	49. 05 27	- 64. 677	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	59. 57 42	73. 20 78	- 9.7 72	0	- 9.7 72	11 6.1 3	11 6.1 3	6	1.1 128 8	22. 87 48	- 22. 987	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	7.3 922 7	9.7 748 7	17. 41 86	0	17. 41 86	20. 55 46	20. 55 46
7	0.4 223 94	56. 23 01	- 61. 626	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	68. 57 89	84. 27 32	6.1 48 36	0	6.1 48 36	13 3.1 23	13 3.1 23	7	1.1 128 8	26. 74 2	- 22. 987	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	8.6 42 427	11. 36 4	20. 36 34	0	20. 36 34	24. 02 96	24. 02 96
8	0.4 223 94	62. 82 37	- 61. 626	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	72. 89 16	89. 57 29	13. 77 36	0	13. 77 36	14 8.7 33	14 8.7 33	8	1.1 128 8	30. 60 13	- 22. 962	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	9.8 910 2	13. 079 65	23. 30 65	0	23. 30 65	27. 49 74	27. 49 74
9	0.4 176 45	68. 60 04	- 61. 626	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	77. 18 01	94. 84 28	21. 35 59	0	21. 35 59	16 4.2 56	16 4.2 56	9	1.1 128 8	33. 90 62	- 22. 962	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	10. 959 2	14. 491 5	25. 82 36	0	25. 82 36	30. 46 71	30. 46 71
10	0.4 176 45	75. 04 66	- 61. 626	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	81. 44 44	10 0.0 83	28. 89 54	0	28. 89 54	17 9.6 9	17 9.6 9	10	1.3 855 28	46. 11 28	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	11. 968 6	15. 826 2	28. 20 2	0	28. 20 2	33. 28 23	33. 28 23
11	0.7 351 83	14 7.3 14	- 60. 735	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	88. 80 25	10 9.1 25	41. 90 52	0	41. 90 52	20 0.3 77	20 0.3 77	11	1.3 855 37	52. 16 999	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	13. 539 1	17. 902 9	31. 90 27	0	31. 90 27	37. 64 96	37. 64 96
12	0.7 362 42	16 6.3 93	- 60. 233	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	97. 00 03	11 9.1 99	56. 39 97	0	56. 39 97	22 6.0 03	22 6.0 03	12	1.3 855 75	59. 06 999	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	15. 331 4	20. 272 5	36. 12 5	0	36. 12 5	42. 63 25	42. 63 25
13	0.7 362 42	18 4.3 6	- 58. 776	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	10 6.9 44	13 1.4 19	73. 98 19	0	73. 98 19	25 0.4 07	25 0.4 07	13	1.3 855 14	65. 97 14	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	17. 122 9	22. 641 8	40. 34 73	0	40. 34 73	47. 61 54	47. 61 54
14	0.6 318 13	17 1.7 52	- 57. 991	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	11 4.8 93	14 1.1 86	88. 03 49	0	88. 03 49	27 1.8 4	27 1.8 4	14	1.1 246 1	58. 62 51	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	18. 746 1	24. 788 2	44. 17 21	0	44. 17 21	52. 12 91	52. 12 91
15	0.6 318 13	18 3.9 93	- 57. 991	Anis otro pic Roc k	80	34. 8	12 0.6 45	14 8.2 55	98. 20 61	0	98. 20 61	29 1.2 14	29 1.2 14	15	1.1 246 1	63. 17 37	- 22. 999	Anis otro pic Roc k	0	29. 3	20. 200 6	26. 711 5	47. 59 93	0	47. 59 93	56. 17 37	56. 17 37

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">49</td> <td style="width: 10%;">0.5</td> <td style="width: 10%;">12</td> <td style="width: 10%;">-</td> <td style="width: 10%;">Anis</td> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">29.</td> <td style="width: 10%;">78.</td> <td style="width: 10%;">96.</td> <td style="width: 10%;">17</td> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">17</td> <td style="width: 10%;">20</td> <td style="width: 10%;">20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>906</td> <td>1.1</td> <td>22.</td> <td>otro</td> <td>3</td> <td>49</td> <td>46</td> <td>1.8</td> <td>1.8</td> <td>5.1</td> <td>5.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>71</td> <td>960</td> <td>pic</td> <td></td> <td>84</td> <td>28</td> <td>95</td> <td></td> <td>95</td> <td>52</td> <td>52</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>Roc</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>k</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>0.5</td> <td>41.</td> <td>-</td> <td>Anis</td> <td>0</td> <td>29.</td> <td>27.</td> <td>33.</td> <td>59.</td> <td>0</td> <td>59.</td> <td>70.</td> <td>70.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>906</td> <td>75</td> <td>22.</td> <td>otro</td> <td>3</td> <td>05</td> <td>24</td> <td>24</td> <td></td> <td>24</td> <td>70</td> <td>70</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>95</td> <td>960</td> <td>pic</td> <td></td> <td>32</td> <td>43</td> <td>07</td> <td></td> <td>07</td> <td>21</td> <td>21</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>Roc</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>k</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	49	0.5	12	-	Anis	0	29.	78.	96.	17	0	17	20	20		906	1.1	22.	otro	3	49	46	1.8	1.8	5.1	5.1				4	71	960	pic		84	28	95		95	52	52					5	Roc														k										50	0.5	41.	-	Anis	0	29.	27.	33.	59.	0	59.	70.	70.		906	75	22.	otro	3	05	24	24		24	70	70			4	95	960	pic		32	43	07		07	21	21					5	Roc														k										<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">49</td> <td style="width: 10%;">1.3</td> <td style="width: 10%;">61.</td> <td style="width: 10%;">-</td> <td style="width: 10%;">Anis</td> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">29.</td> <td style="width: 10%;">16.</td> <td style="width: 10%;">22.</td> <td style="width: 10%;">39.</td> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">39.</td> <td style="width: 10%;">46.</td> <td style="width: 10%;">46.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>069</td> <td>35</td> <td>22.</td> <td>otro</td> <td>3</td> <td>896</td> <td>342</td> <td>81</td> <td></td> <td>81</td> <td>94</td> <td>94</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>26</td> <td>881</td> <td>pic</td> <td></td> <td>3</td> <td>2</td> <td>33</td> <td></td> <td>33</td> <td>42</td> <td>42</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>Roc</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>k</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>1.3</td> <td>17.</td> <td>-</td> <td>Anis</td> <td>0</td> <td>29.</td> <td>4.8</td> <td>6.4</td> <td>11.</td> <td>0</td> <td>11.</td> <td>13.</td> <td>13.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>069</td> <td>72</td> <td>22.</td> <td>otro</td> <td>3</td> <td>821</td> <td>556</td> <td>50</td> <td></td> <td>50</td> <td>56</td> <td>56</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>75</td> <td>881</td> <td>pic</td> <td></td> <td>2</td> <td>7</td> <td>39</td> <td></td> <td>39</td> <td>43</td> <td>43</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>Roc</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>k</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	49	1.3	61.	-	Anis	0	29.	16.	22.	39.	0	39.	46.	46.		069	35	22.	otro	3	896	342	81		81	94	94			3	26	881	pic		3	2	33		33	42	42					5	Roc														k										50	1.3	17.	-	Anis	0	29.	4.8	6.4	11.	0	11.	13.	13.		069	72	22.	otro	3	821	556	50		50	56	56			3	75	881	pic		2	7	39		39	43	43					5	Roc														k									
49	0.5	12	-	Anis	0	29.	78.	96.	17	0	17	20	20																																																																																																																																																																																																																																																																												
	906	1.1	22.	otro	3	49	46	1.8	1.8	5.1	5.1																																																																																																																																																																																																																																																																														
	4	71	960	pic		84	28	95		95	52	52																																																																																																																																																																																																																																																																													
			5	Roc																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				k																																																																																																																																																																																																																																																																																					
50	0.5	41.	-	Anis	0	29.	27.	33.	59.	0	59.	70.	70.																																																																																																																																																																																																																																																																												
	906	75	22.	otro	3	05	24	24		24	70	70																																																																																																																																																																																																																																																																													
	4	95	960	pic		32	43	07		07	21	21																																																																																																																																																																																																																																																																													
			5	Roc																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				k																																																																																																																																																																																																																																																																																					
49	1.3	61.	-	Anis	0	29.	16.	22.	39.	0	39.	46.	46.																																																																																																																																																																																																																																																																												
	069	35	22.	otro	3	896	342	81		81	94	94																																																																																																																																																																																																																																																																													
	3	26	881	pic		3	2	33		33	42	42																																																																																																																																																																																																																																																																													
			5	Roc																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				k																																																																																																																																																																																																																																																																																					
50	1.3	17.	-	Anis	0	29.	4.8	6.4	11.	0	11.	13.	13.																																																																																																																																																																																																																																																																												
	069	72	22.	otro	3	821	556	50		50	56	56																																																																																																																																																																																																																																																																													
	3	75	881	pic		2	7	39		39	43	43																																																																																																																																																																																																																																																																													
			5	Roc																																																																																																																																																																																																																																																																																					
				k																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Interslice Data

Rinforzi - Anisotropic_Static SLU_01						Rinforzi - Anisotropic_Static SLU_02					
• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.22885						• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.32231					
Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]	Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.1126	47.8177	0	0	0	1	-3.84101	61.1292	0	0	0
2	39.5652	46.5464	-95.7815	0	0	2	-2.95112	60.7528	-0.00156731	0	0
3	40.0179	45.4299	-168.783	0	0	3	-2.06123	60.3765	-0.00626924	0	0
4	40.4403	44.5259	-219.979	0	0	4	-0.281453	59.6239	-0.0253343	0	0
5	40.8627	43.6218	-265.561	0	0	5	0.984682	59.0885	-0.0461194	0	0
6	41.285	42.7292	-304.921	0	0	6	2.25082	58.553	-0.0731826	0	0
7	41.7074	41.8365	-338.809	0	0	7	3.3637	58.0809	-0.0763949	0	0
8	42.1298	41.0544	-362.968	0	0	8	4.47658	57.6088	-0.0801504	0	0
9	42.5522	40.2724	-382.985	0	0	9	5.58945	57.1373	-0.0978298	0	0
10	42.9699	39.4991	-398.705	0	0	10	6.70233	56.6657	-0.117419	0	0
11	43.3875	38.7258	-410.376	0	0	11	8.08784	56.0776	-0.114411	0	0
12	44.1227	37.4138	-420.683	0	0	12	9.47334	55.4895	-0.111009	0	0
13	44.8589	36.1265	-419.495	0	0	13	10.8588	54.9014	-0.10729	0	0
14	45.5952	34.912	-408.376	0	0	14	12.2444	54.3133	-0.103135	0	0
15	46.227	33.9012	-391.983	0	0	15	13.369	53.836	-0.0994829	0	0
16	46.8588	32.8904	-368.944	0	0	16	14.4936	53.3586	-0.0955469	0	0
17	47.2667	32.2378	-350.539	0	0	17	15.6182	52.8813	-0.0913275	0	0
18	47.6746	31.5853	-329.364	0	0	18	16.7428	52.4039	-0.0868247	0	0
19	48.0825	30.9327	-305.419	0	0	19	17.8674	51.9266	-0.0820386	0	0
20	48.4905	30.2801	-278.703	0	0	20	18.992	51.4492	-0.076969	0	0
21	48.8984	29.6276	-249.267	0	0	21	20.1166	50.9718	-0.071616	0	0
22	49.3063	28.975	-217.746	0	0	22	21.2413	50.4945	-0.0659797	0	0
23	49.7142	28.3455	-185.918	0	0	23	22.3659	50.0171	-0.0601121	0	0
24	50.1221	27.7159	-152.404	0	0	24	23.4905	49.5398	-0.0540596	0	0
25	50.5883	27.0448	-117.122	0	0	25	24.6151	49.0624	-0.0480899	0	0
26	51.0544	26.3737	-81.7825	0	0	26	25.7397	48.5851	-0.0419433	0	0
27	51.5206	25.7576	-51.8689	0	0	27	27.16	47.9822	-0.033284	0	0
28	51.9868	25.1414	-22.4705	0	0	28	28.5803	47.3793	-0.0243199	0	0
29	52.6329	24.8677	-29.1162	0	0	29	29.5272	46.9774	-0.0183764	0	0
30	53.2791	24.5939	-35.4395	0	0	30	30.474	46.5755	-0.0123018	0	0
31	53.9252	24.3202	-41.4411	0	0	31	31.4209	46.1736	-0.00609618	0	0
32	54.5713	24.0464	-47.174	0	0	32	32.8412	45.5707	0.0034579	0	0
33	55.2185	23.7722	-52.6897	0	0	33	34.2615	44.9679	0.0133068	0	0
34	55.8656	23.4981	-58.0406	0	0	34	35.2083	44.566	0.0200365	0	0
35	56.5128	23.2239	-63.2369	0	0	35	36.1552	44.1641	0.0268973	0	0
36	57.16	22.9497	-68.2784	0	0	36	37.102	43.7622	0.033889	0	0
37	57.8071	22.6755	-73.1656	0	0	37	38.0489	43.3603	0.0410049	0	0
38	58.4543	22.4013	-77.936	0	0	38	38.9958	42.9583	0.0482003	0	0
39	58.8858	22.2186	-106.45	0	0	39	39.9426	42.5564	0.0554672	0	0
40	59.3172	22.0358	-109.578	0	0	40	41.3629	41.9536	0.0665017	0	0
41	59.7487	21.853	-112.683	0	0	41	42.7832	41.3507	0.0776971	0	0
42	60.2634	21.6349	-115.785	0	0	42	44.0045	40.8323	0.0877633	0	0
43	60.7781	21.4168	-118.661	0	0	43	45.2258	40.3139	0.0979523	0	0
44	61.2928	21.1988	-121.614	0	0	44	46.4471	39.7955	0.108264	0	0

45	61.8075	20.9807	-124.645	0	0	45	47.6684	39.2771	0.118699	0	0
46	62.3222	20.7627	-127.754	0	0	46	48.8494	38.7758	0.129197	0	0
47	62.8369	20.5446	-130.94	0	0	47	50.0303	38.2746	0.139301	0	0
48	63.3516	20.3265	-163.353	0	0	48	51.1552	37.7971	0.147957	0	0
49	63.8664	20.1085	-166.694	0	0	49	52.28	37.3196	0.154262	0	0
50	64.457	19.8582	-170.045	0	0	50	53.587	36.768	0.0317761	0	0
51	65.0476	19.608	0	0	0	51	54.8939	36.2165	0	0	0

Entity Information

Group: Rinforzi

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	59.7884	32.2006
	57.899	33.338
	54.8939	36.2165
	53.8417	37.5222
	50.9611	41.9608
	50.0738	43.2165
	48.761	44.2165
	37.5925	48.3851
	21.2084	53.8023
	7.82139	57.5587
	5.59703	58.3041
	-20.311	66.059
	-20.311	19.899
	-20.311	1.42e-14
	90.0476	1.42e-14
	90.0476	13.8165
	90.0476	19.608
	65.0476	19.608
64.0476	29.608	
60.0476	29.608	

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Anisotropic_Static SLU_01	Anisotropic_Static SLU_02						
Water Table	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>-20.311</td><td>19.899</td></tr> <tr><td>90.0476</td><td>13.8165</td></tr> </tbody> </table>	X	Y	-20.311	19.899	90.0476	13.8165	<p style="color: blue;">Assigned to materials:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Anisotropic Rock </div>	
	X	Y							
-20.311	19.899								
90.0476	13.8165								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>-20.311</td><td>19.899</td></tr> <tr><td>90.0476</td><td>13.8165</td></tr> </tbody> </table>	X	Y	-20.311	19.899	90.0476	13.8165			
X	Y								
-20.311	19.899								
90.0476	13.8165								
Water Table	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>X</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>-20.311</td><td>19.899</td></tr> <tr><td>90.0476</td><td>13.8165</td></tr> </tbody> </table>	X	Y	-20.311	19.899	90.0476	13.8165		<p style="color: blue;">Assigned to materials:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> Anisotropic Rock </div>
X	Y								
-20.311	19.899								
90.0476	13.8165								

5.2 Analisi sismica

Slide Analysis Information

sez.47sismica

Project Summary

File Name:	sez.47sismica.slmd
Slide Modeler Version:	8.021
Compute Time:	00h:00m:01.805s
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	02/10/2017, 09:00:02

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
--------------	----------

Analysis Methods Used

	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check $m\alpha < 0.2$:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

Search Method: Cuckoo Search
Initial # of Surface Vertices: 8
Maximum Iterations: 500
Number of Nests: 50
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined
Minimum Area: Not Defined
Minimum Weight: Not Defined
Convex Surfaces Only: Enabled

Seismic Loading

Advanced seismic analysis: No
Staged pseudostatic analysis: No

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.109
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.055

Materials

Property	Anisotropic Rock
Color	
Strength Type	Anisotropic Linear
Unit Weight [kN/m ³]	25
Cohesion 1 [kPa]	0
Cohesion 2 [kPa]	100
Friction Angle 1 [°]	35
Friction Angle 2 [°]	41
A [°]	5
B [°]	5
Anisotropic Definition	Angle
Angle from 1 [°]	-18
Anisotropic Surface	
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Support

Support 1

- Support Type: Soil Nail
- Force Application: Active
- Force Orientation: Parallel to Reinforcement
- Out-of-Plane Spacing: 2.5 m
- Tensile Capacity: 213 kN
- Plate Capacity: 0 kN
- Bond Strength: 35 kN/m

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.288700
Axis Location:	80.161, 60.850
Left Slip Surface Endpoint:	38.099, 48.196
Right Slip Surface Endpoint:	65.048, 19.608
Resisting Moment:	276002 kN-m
Driving Moment:	214170 kN-m
Active Support Moment:	-1960.2 kN-m
Maximum Single Support Force:	29.7805 kN
Total Support Force:	55.165 kN
Total Slice Area:	279.053 m ²
Surface Horizontal Width:	26.9483 m
Surface Average Height:	10.3551 m

Global Minimum Coordinates

Method: bishop simplified

X	Y
38.0993	48.1959
38.533	46.8845
39.1131	45.4924
39.6932	44.1523
40.5663	42.4879
41.4394	40.8758
42.3125	39.3905
43.1856	37.9052
44.0858	36.374
44.9859	34.8427
45.9693	33.1698
46.9528	31.5557
47.9248	30.0724
48.8969	28.5892
49.869	27.1059
50.8411	25.6226
51.9632	25.1463
53.0854	24.67
54.2076	24.1937
55.3298	23.7173
56.6407	23.1609

57.9071	22.6234
59.1735	22.0859
60.44	21.5483
61.7065	21.0107
62.973	20.4731
64.2396	19.9355
65.0476	19.608

Valid/Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces: 12026
Number of Invalid Surfaces: 13028

Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2887

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [degrees]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.433681	6.23188	-71.7015	Anisotropic Rock	100	41	28.8913	37.2322	-72.2061	0	-72.2061	15.1608	15.1608
2	0.580081	25.195	-67.3779	Anisotropic Rock	100	41	41.4351	53.3974	-53.6102	0	-53.6102	45.8233	45.8233
3	0.580081	41.8662	-66.5945	Anisotropic Rock	100	41	50.407	64.9595	-40.3095	0	-40.3095	76.1436	76.1436
4	0.436558	41.2913	-62.3191	Anisotropic Rock	100	41	63.3935	81.6952	-21.0573	0	-21.0573	99.7871	99.7871
5	0.436558	48.5955	-62.3191	Anisotropic Rock	100	41	68.6023	88.4078	-13.3353	0	-13.3353	117.439	117.439
6	0.436558	55.7569	-61.56	Anisotropic Rock	100	41	75.0354	96.6982	-3.7983	0	-3.7983	134.745	134.745
7	0.436558	62.7758	-61.56	Anisotropic Rock	100	41	80.1309	103.265	3.75559	0	3.75559	151.707	151.707
8	0.436563	69.4495	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	88.852	114.504	16.6844	0	16.6844	167.833	167.833
9	0.436563	75.7764	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	93.6546	120.693	23.8043	0	23.8043	183.123	183.123
10	0.436563	82.1033	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	98.4573	126.882	30.9242	0	30.9242	198.413	198.413
11	0.436563	88.4303	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	103.26	133.071	38.0439	0	38.0439	213.703	213.703
12	0.45006	97.7875	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	108.137	139.356	45.2739	0	45.2739	229.229	229.229
13	0.45006	104.512	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	113.088	145.737	52.6138	0	52.6138	244.991	244.991
14	0.45006	111.236	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	118.039	152.117	59.9537	0	59.9537	260.754	260.754
15	0.45006	117.96	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	122.99	158.498	67.2937	0	67.2937	276.516	276.516
16	0.491719	136.565	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	128.171	165.173	74.9733	0	74.9733	293.008	293.008
17	0.491719	144.592	-59.5511	Anisotropic Rock	100	41	133.58	172.144	82.9927	0	82.9927	310.23	310.23
18	0.491719	152.438	-58.6467	Anisotropic Rock	100	41	141.529	182.388	94.7764	0	94.7764	327.063	327.063
19	0.491719	160.103	-58.6467	Anisotropic Rock	100	41	146.793	189.172	102.581	0	102.581	343.508	343.508
20	0.486039	165.445	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	157.613	203.116	118.622	0	118.622	359.119	359.119
21	0.486039	172.252	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	162.524	209.445	125.902	0	125.902	373.894	373.894

22	0.486039	179.059	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	167.436	215.775	133.183	0	133.183	388.67	388.67
23	0.486039	185.777	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	172.283	222.021	140.369	0	140.369	403.252	403.252
24	0.486039	190.885	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	175.969	226.771	145.833	0	145.833	414.34	414.34
25	0.486039	195.398	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	179.225	230.967	150.66	0	150.66	424.135	424.135
26	0.486039	199.265	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	182.014	234.562	154.796	0	154.796	432.527	432.527
27	0.486039	200.261	-56.7607	Anisotropic Rock	100	41	182.734	235.489	155.863	0	155.863	434.691	434.691
28	0.561089	227.357	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	188.746	243.237	347.379	0	347.379	427.495	427.495
29	0.561089	218.593	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	181.47	233.861	333.989	0	333.989	411.016	411.016
30	0.561089	209.806	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	174.176	224.461	320.564	0	320.564	394.495	394.495
31	0.561089	201.02	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	166.881	215.06	307.137	0	307.137	377.972	377.972
32	0.561089	192.233	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	159.587	205.66	293.713	0	293.713	361.451	361.451
33	0.561089	183.948	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	152.709	196.796	281.054	0	281.054	345.873	345.873
34	0.561096	177.382	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	147.256	189.769	271.018	0	271.018	333.523	333.523
35	0.561096	171.628	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	142.479	183.613	262.226	0	262.226	322.703	322.703
36	0.655459	195.11	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	138.655	178.685	255.187	0	255.187	314.041	314.041
37	0.655459	189.381	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	134.584	173.438	247.695	0	247.695	304.821	304.821
38	0.633189	177.506	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	130.581	168.28	240.329	0	240.329	295.756	295.756
39	0.633189	172.16	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	126.649	163.212	233.091	0	233.091	286.849	286.849
40	0.633189	168.642	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	124.061	159.877	228.329	0	228.329	280.988	280.988
41	0.633189	166.863	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	125.825	162.151	231.576	0	231.576	284.984	284.984
42	0.633263	165.063	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	121.414	156.466	223.456	0	223.456	274.991	274.991
43	0.633263	132.725	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	97.6271	125.812	179.678	0	179.678	221.116	221.116
44	0.633263	129.726	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	95.421	122.969	175.618	0	175.618	216.12	216.12
45	0.633263	133.982	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	98.5513	127.003	181.38	0	181.38	223.211	223.211
46	0.633263	138.237	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	101.682	131.037	187.14	0	187.14	230.3	230.3
47	0.633263	142.493	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	108.417	139.717	199.537	0	199.537	245.555	245.555
48	0.633263	146.748	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	107.942	139.105	198.662	0	198.662	244.479	244.479
49	0.633263	146.399	-22.9993	Anisotropic Rock	0	35	107.684	138.773	198.189	0	198.189	243.897	243.897
50	0.808062	78.3128	-22.0609	Anisotropic Rock	0	35	45.5287	58.6729	83.7936	0	83.7936	102.245	102.245

Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.2887

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	38.0993	48.1959	0	0	0
2	38.533	46.8845	-106.545	0	0
3	39.1131	45.4924	-202.462	0	0
4	39.6932	44.1523	-281.158	0	0
5	40.1297	43.3201	-321.856	0	0
6	40.5663	42.4879	-357.605	0	0

7	41.0028	41.6818	-387.346	0	0
8	41.4394	40.8758	-412.458	0	0
9	41.876	40.1331	-431.286	0	0
10	42.3125	39.3905	-446.234	0	0
11	42.7491	38.6478	-457.302	0	0
12	43.1856	37.9052	-464.489	0	0
13	43.6357	37.1396	-467.835	0	0
14	44.0858	36.374	-467.058	0	0
15	44.5358	35.6084	-462.156	0	0
16	44.9859	34.8427	-453.13	0	0
17	45.4776	34.0063	-438.554	0	0
18	45.9693	33.1698	-419.055	0	0
19	46.461	32.3627	-395.542	0	0
20	46.9528	31.5557	-367.484	0	0
21	47.4388	30.8141	-338.082	0	0
22	47.9248	30.0724	-304.926	0	0
23	48.4109	29.3308	-268.014	0	0
24	48.8969	28.5892	-227.398	0	0
25	49.383	27.8475	-183.963	0	0
26	49.869	27.1059	-138.039	0	0
27	50.355	26.3643	-89.9828	0	0
28	50.8411	25.6226	-41.3764	0	0
29	51.4022	25.3845	-39.7649	0	0
30	51.9632	25.1463	-38.2156	0	0
31	52.5243	24.9082	-36.7286	0	0
32	53.0854	24.67	-35.3038	0	0
33	53.6465	24.4318	-33.9413	0	0
34	54.2076	24.1937	-32.6376	0	0
35	54.7687	23.9555	-31.3804	0	0
36	55.3298	23.7173	-30.1639	0	0
37	55.9853	23.4391	-28.7811	0	0
38	56.6407	23.1609	-27.4388	0	0
39	57.2739	22.8921	-26.1807	0	0
40	57.9071	22.6234	-24.9605	0	0
41	58.5403	22.3546	-23.7652	0	0
42	59.1735	22.0859	-48.0071	0	0
43	59.8067	21.8171	-46.8372	0	0
44	60.44	21.5483	-45.8965	0	0
45	61.0733	21.2795	-44.9771	0	0
46	61.7065	21.0107	-44.0275	0	0
47	62.3398	20.7419	-43.0477	0	0
48	62.973	20.4731	-71.8654	0	0
49	63.6063	20.2043	-70.8253	0	0
50	64.2396	19.9355	-69.7877	0	0
51	65.0476	19.608	0	0	0

Entity Information


Group: Rinforzi

Shared Entities

Type	Coordinates	
	X	Y
External Boundary	59.7884	32.2006
	57.899	33.338
	54.8939	36.2165

53.8417	37.5222
50.9611	41.9608
50.0738	43.2165
48.761	44.2165
37.5925	48.3851
21.2084	53.8023
7.82139	57.5587
5.59703	58.3041
-20.311	66.059
-20.311	19.899
-20.311	1.42e-14
90.0476	1.42e-14
90.0476	13.8165
90.0476	19.608
65.0476	19.608
64.0476	29.608
60.0476	29.608

Scenario-based Entities

Type	Coordinates	Anisotropic_Sisma+						
Water Table	<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-20.311</td> <td>19.899</td> </tr> <tr> <td>90.0476</td> <td>13.8165</td> </tr> </tbody> </table>	X	Y	-20.311	19.899	90.0476	13.8165	Assigned to materials:
	X	Y						
	-20.311	19.899						
90.0476	13.8165							
	 Anisotropic Rock							