

S.S. N. 4 "SALARIA"

**ADEGUAMENTO DEL TRATTO TRISUNGO-ACQUASANTA TERME.
TRATTO GALLERIA VALGARIZIA - ACQUASANTA TERME. LOTTO 2 DAL
KM 155+400 AL KM 159+000 (EX AN6)**

PROGETTO DEFINITIVO

COD. AN257

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - ENGEKO - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giorgio Guiducci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° 14035

IL PROGETTISTA:

Emiliano Moscatelli
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Roma n° A20752

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Marco Abram
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2808

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Pianificatore Territoriale Marco Colazza

IL R.U.P.

Dott. Ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

Sintagma

Dott. Ing. N. Granieri
Dott. Ing. V. Truffini
Dott. Ing. L. Spaccini
Dott. Arch. A. Bracchini
Dott. Ing. E. Bartolucci
Dott. Ing. L. Casavecchia
Dott. Geol. G. Cerquiglini
Dott. Ing. F. Pambianco
Dott. Ing. M. Abram
Dott. Arch. C. Presciutti
Dott. Agr. F. Berti Nulli
Geom. S. Scopetta
Geom. M. Zucconi

MANDANTI:

GPI INGEGNERIA

Dott. Ing. G. Guiducci
Dott. Ing. E. Moscatelli
Dott. Ing. A. Signorelli
Dott. Ing. A. Belà
Dott. Ing. G. Lucibello
Dott. Arch. G. Guastella
Dott. Geol. M. Leonardi
Dott. Ing. M. Morigi

engeko

Dott. Ing. C. Muller

GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

Dott. Ing. D. Carliaccini
Dott. Ing. C. Consorti
Dott. Ing. E. Loffredo
Dott. Ing. S. Sacconi

ICARIA
società di ingegneria

Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. G. Verini
Dott. Ing. V. Piunno
Dott. Ing. G. Pulli



**OPERE D'ARTE MAGGIORI: OPERE DI IMBOCCO
GALLERIA FAVALANCIATA IMBOCCO LATO AP - GA02
Relazione di calcolo dell'imbocco**

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-GA02-OST-RE01-C			
DPAN257	D 22	CODICE ELAB.	T00GA02OSTRE01	C	-
C	Revisione a seguito istruttoria Anas	dic-22	M.Rinaldi	E.Moscatelli	G.Guiducci
B	Revisione a seguito istruttoria Anas	ott-22	M.Rinaldi	E.Moscatelli	G.Guiducci
A	Emissione	giu-22	M.Rinaldi	E.Moscatelli	G.Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciana imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
3.1	MISCELA CEMENTIZIA PER INIEZIONE ANCORAGGI	5
3.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C	5
3.3	RETE IN ADERENZA.....	5
3.3.1	Geostuoia rinforzata in rete metallica a doppia torsione.....	5
3.3.2	Pannelli di rete in fune	5
3.3.3	Funi diagonali.....	5
3.3.4	Funi perimetrali	5
4	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA.....	6
4.1	CRITERIO DI RESISTENZA DELLE DISCONTINUITÀ	7
4.2	GIACITURE	7
4.2.1	Fronte di scavo	9
4.2.2	Versante in destra	9
4.2.3	Versante in sinistra	10
5	CRITERI DI VERIFICA	11
6	METODO DI ANALISI.....	13
6.1	METODO DI CALCOLO	13
6.2	AZIONI E CARICHI AGENTI	13
6.2.1	Carichi permanenti	13
6.2.2	Carichi sismici	13
6.3	ELEMENTI STRUTTURALI	16
6.3.1	Ancoraggi passivi	16

6.4	VERIFICHE.....	17
6.4.1	Ancoraggi passivi	17
7	MECCANISMI DI SCORRIMENTO AMMISSIBILI DI CUNEI POTENZIALMENTE INSTABILI.....	20
8	ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE	22
8.1	FRONTE DI SCAVO	22
8.2	VERSANTE IN DESTRA	24
8.3	VERSANTE IN SINISTRA	26
9	PROGETTO INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE	29
9.1	FRONTE DI SCAVO	29
9.2	VERSANTE IN DESTRA E IN SINISTRA	30
10	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	31
11	ALLEGATI	34
11.1	ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – PRE INTERVENTO	34
11.2	ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – POST INTERVENTO	36
11.3	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – PRE INTERVENTO	39
11.4	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – POST INTERVENTO.....	41
11.5	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – PRE INTERVENTO	44
11.6	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – POST INTERVENTO.....	46
11.7	STAP 49	
12	BIBLIOGRAFIA.....	71

1 PREMESSA

Nel presente documento è illustrata la procedura seguita per la progettazione degli interventi di stabilizzazione della parete di scavo frontale e dei versanti laterali in roccia dell'imbocco diretto della galleria Favallanciata lato Ascoli Piceno (GA02) previsti per il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica riguardo l'adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme, tratto galleria Valgarizia - Acquasanta Terme, all'interno del lotto 2 dal km 155+400 al km 159+000 della S.S n. 4 "Salaria" - Adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme. Dell'imbocco oggetto dell'elaborato, si riporta uno stralcio planimetrico in Figura 1-1 e le progressive alle quali si ubica l'opera nella Tabella 1-1.

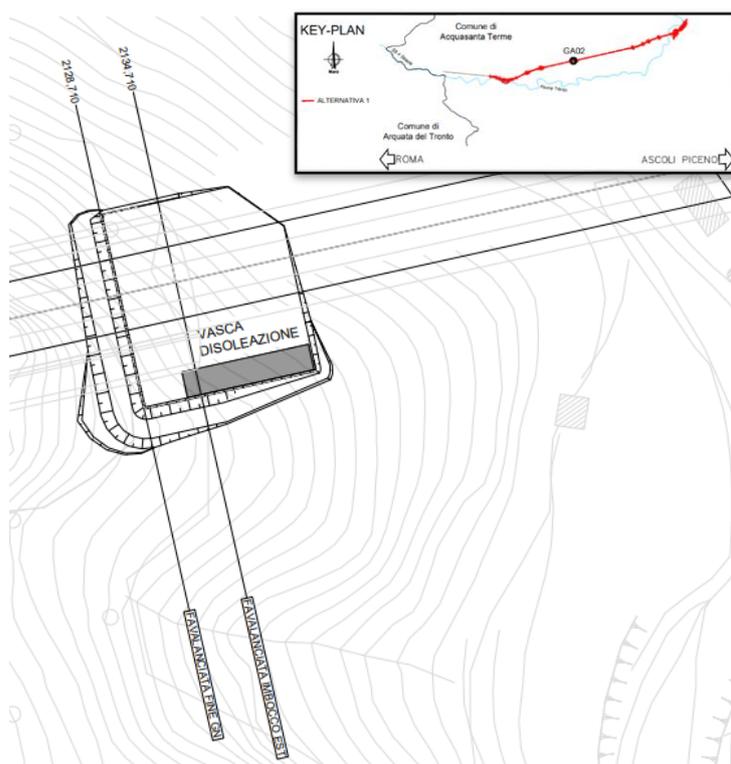


Figura 1-1: Inquadramento GA02 Favallanciata _ imbocco lato Ascoli Piceno

Tabella 1-1: Ubicazione GA02 Favallanciata _ imbocco lato Ascoli Piceno

INIZIO IMBOCCO ARTIFICIALE	pk. 2+128,71
TERMINE IMBOCCO ARTIFICIALE	pk. 2+134,71

Dalle analisi condotte e dall'interpretazione delle indagini geomeccaniche, si è ritenuto necessario un intervento di consolidamento dell'ammasso roccioso, ovvero si prevede la realizzazione di una chiodatura sistematica del fronte di scavo con una maglia di ancoraggi, passivi (chiodi) e permanenti, che ha principalmente lo scopo di contenere i fenomeni di crollo che coinvolgono la superficie del versante. Si prevede, inoltre, un rafforzamento corticale con reti metalliche su tutto il fronte per contrastare i dissesti che interessano la parte più superficiale dell'ammasso e che potrebbero causare fenomeni di dissesto localizzati, i quali non metterebbero comunque in crisi la stabilità del fronte. Gli stessi interventi di chiodatura e di rafforzamento corticale sono previsti in via del tutto cautelativa per le scarpate laterali dell'imbocco GA02.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Si riporta di seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento:

- [1] D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- [2] Circolare 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM17/01/2018;
- [3] UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali. Versione in lingua italiana della norma europea EN1997-1;
- [4] UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo. Versione in lingua italiana della norma europea EN1997-2;
- [5] UNI EN 1998:2005 Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici. Versione in lingua italiana della norma europea EN1998

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 MISCELA CEMENTIZIA PER INIEZIONE ANCORAGGI

C25/30	classe di resistenza a compressione
XC2	classe di esposizione
Additivo fluidificante a antiritiro	

3.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

Si utilizzeranno barre in acciaio ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento saldabile, pertanto nei calcoli statici saranno assunti i seguenti parametri:

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} = 540 \text{ MPa}$	tensione caratteristica di rottura
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3 \text{ MPa}$	tensione di calcolo
$E_s = 210000 \text{ MPa}$	modulo elastico
$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 1.863\%$	deformazione di snervamento ultima
$\epsilon_{uk} = 7.50\%$	deformazione uniforme caratteristica
$\epsilon_{ud} = 0.9 \times \epsilon_{uk} = 6.75\%$	deformazione uniforme ultima
$\gamma_s = 78.5 \text{ kN/mc}$	peso per unità di volume

3.3 RETE IN ADERENZA

3.3.1 Geostuoia rinforzata in rete metallica a doppia torsione

UNI EN 10223-3; UNI EN 10244 – CLASSE A	
maglia 80x100 mm	
filo $\phi=2.7 \text{ mm}$	
50 kN/m	resistenza meccanica longitudinale

3.3.2 Pannelli di rete in fune

Fune spiroidale con trefolo $\phi>6.5 \text{ mm}$	
1770 N/mm ²	carico di rottura fune

3.3.3 Funi diagonali

UNI ISO 2408; UNI EN 1064-2	
Funi a trefoli di acciaio ATZ $\phi 12 \text{ mm}$	

3.3.4 Funi perimetrali

UNI ISO 2408; UNI EN 1064-2	
Funi a trefoli di acciaio ATZ $\phi 16 \text{ mm}$	

4 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

La resistenza dei versanti è controllata dalla presenza di una, o più, discontinuità principali e dalle sue caratteristiche di resistenza a taglio. In questo capitolo si mostra, perciò, come sono state determinate le caratteristiche di resistenza delle discontinuità. Per l'individuazione dei parametri di seguito descritti sono stati elaborati i risultati dei rilievi geomeccanici riportati nella 'Relazione geomeccanica'. Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [1] in bibliografia.

Per definire le proprietà delle discontinuità che presumibilmente condizionano la stabilità del versante dell'imbocco GA02 della galleria Favalanziata lato AP, si fa riferimento alle stazioni geomeccaniche SG2, SG3 e SG4 eseguite nella campagna di indagini del 2022. Come riportato in Figura 4-1, queste rappresentano le stazioni geomeccaniche più prossime all'imbocco GA02.

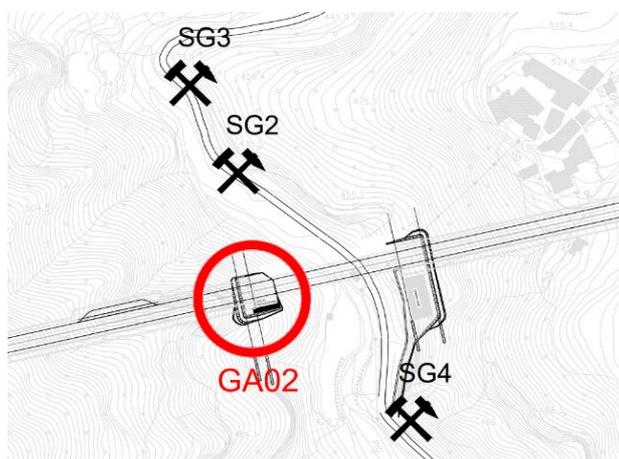


Figura 4-1: Inquadramento stazioni geomeccaniche

Le litologie osservate dalle stazioni sono attribuite alla formazione della Laga, formazione all'interno della quale si sviluppa interamente l'imbocco GA02, come si può osservare dall'estratto del 'Profilo geologico' riportato in Figura 4-2. Per maggiori dettagli sulla geologia si rimanda all'elaborato [2].

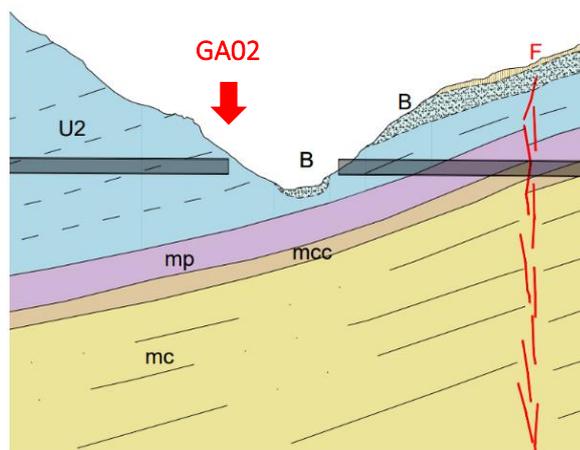


Figura 4-2: Inquadramento geologico

4.1 CRITERIO DI RESISTENZA DELLE DISCONTINUITÀ

Il criterio utilizzato per descrivere il comportamento di resistenza a taglio delle discontinuità è quello proposto da Barton e Brandis, con la seguente relazione:

$$\tau = \sigma_n \tan \left[\varphi_b + JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

in cui

- φ_b = angolo di base

È stato definito dalla letteratura, in riferimento ai valori tipici per l'arenaria $\varphi_b = 27^\circ$.

- JRC = *Joint Roughness Coefficient*

È stato definito come la media dei coefficienti affidati al parametro della rugosità (R4) delle discontinuità registrate nelle stazioni SG2, SG3 e SG4 ottenendo un valore $JRC = 10$. Per maggiori informazioni si rimanda all'Appendice 1 dell'elaborato [1].

- JCS = *Joint Compressive Strength*

Per definire la resistenza delle asperità sono state condotte delle prove con il Martello di Shmidt; questi risultati hanno però riportato dei valori di resistenza in linea con quelli della roccia intatta. Per questo, in mancanza di prove dirette, si è adottato un valore di resistenza a compressione delle discontinuità pari al 25% della resistenza della roccia intatta, considerando bassa l'alterazione dei giunti. Dal 'Profilo geomeccanico' si è definita una $\sigma_c = 10 \text{ MPa}$, ovvero il limite inferiore del range di valori definiti per l'imbocco (10÷40 MPa), ottenendo così $JCS = 2.50 \text{ MPa}$. Per maggiori dettagli sui parametri geomeccanici si rimanda all'elaborato [3].

Nella tabella seguente si riporta la sintesi dei parametri di resistenza delle discontinuità utilizzati nell'analisi di stabilità.

Tabella 4-1: Sintesi parametri di resistenza delle discontinuità per l'imbocco GA02

φ_b	JRC	JCS
27°	10	2,50 MPa

4.2 GIACITURE

Con il rilievo geomeccanico, si sono misurate le giaciture delle discontinuità presenti sui versanti delle tre stazioni, ovvero la posizione delle discontinuità nello spazio descritta attraverso la definizione di due angoli: angolo di inclinazione (DIP) e angolo di direzione (DIP DIRECTION). Nella Tabella 4-2 è riportata la giacitura delle famiglie che caratterizzano le stazioni SG2, SG3, SG4.

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

Tabella 4-2: Giacitura delle famiglie di discontinuità

	DIP [°]	DIP DIRECTION [°]	TIPO <small>S = stratification J = joint</small>
SG1	33	57	S
	43	180	J
	85	148	J
SG2	25	10	S
	85	190	J
	85	265	J
SG3	12	105	S
	85	165	J
	85	260	J
	85	180	J

Si riporta nella Figura 4-3 il reticolo stereografico realizzati con il software *Dips* v. 5.0 (Rocscience, Inc.) in cui si rappresentano le famiglie di discontinuità registrate nelle stazioni geomeccaniche SG2, SG3 e SG4 che potrebbero generare meccanismi di scorrimento di cunei potenzialmente instabili.

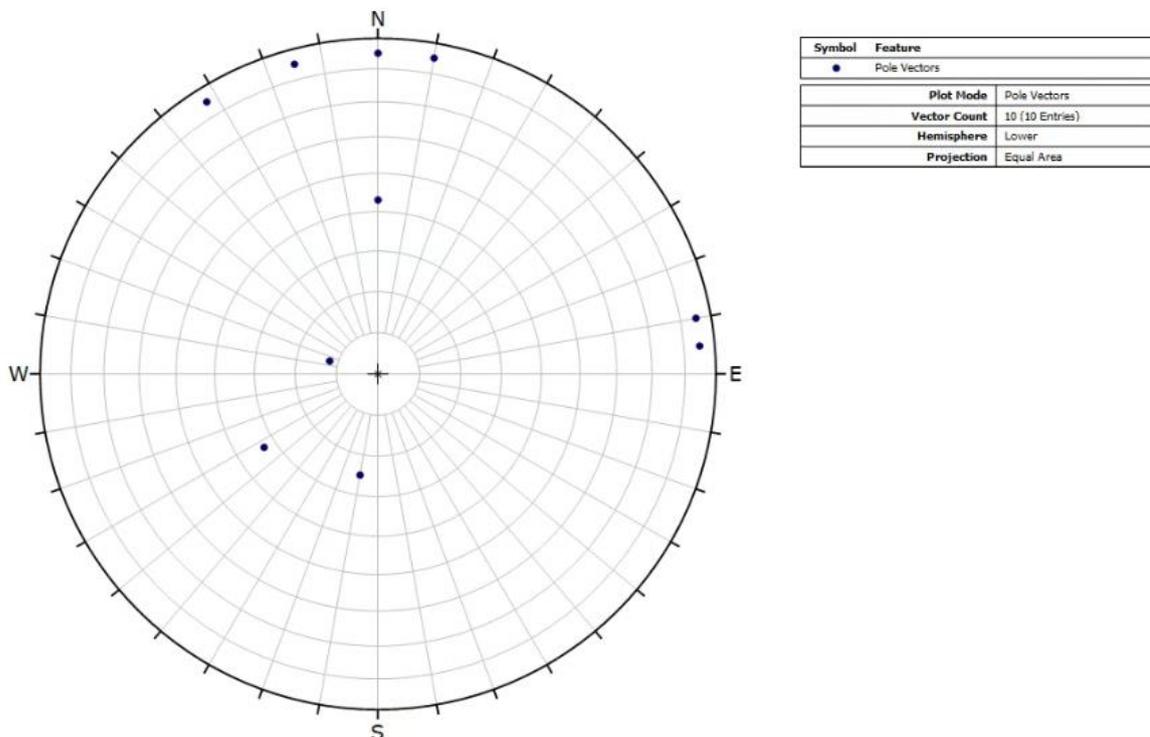


Figura 4-3: Reticolo polare equiareale delle famiglie di discontinuità – SG2, SG3 e SG4

4.2.1 Fronte di scavo

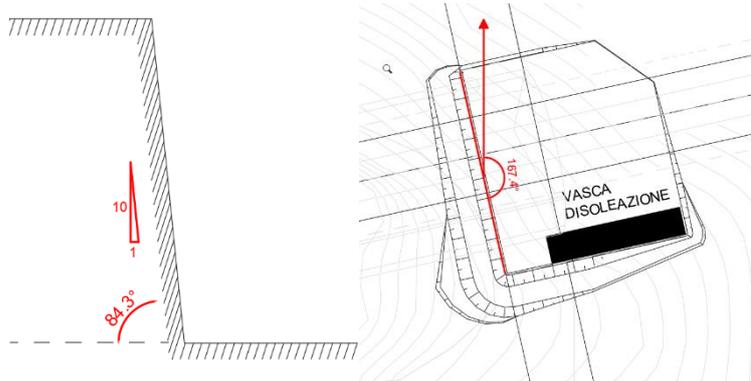
Per determinare la giacitura del fronte di scavo dell'imbocco GA02 è necessario definire i due parametri:

- Angolo di inclinazione (DIP)

Lo scavo ha una pendenza di progetto 1 a 10, perciò l'angolo che si misura tra l'orizzontale e la linea di massima pendenza risulta essere di circa 84°.

- Angolo di direzione (DIP DIRECTION)

Dalla planimetria l'angolo che si genera tra il Nord e la direzione del fronte di scavo, ha un valore di circa 167°.



4.2.2 Versante in destra

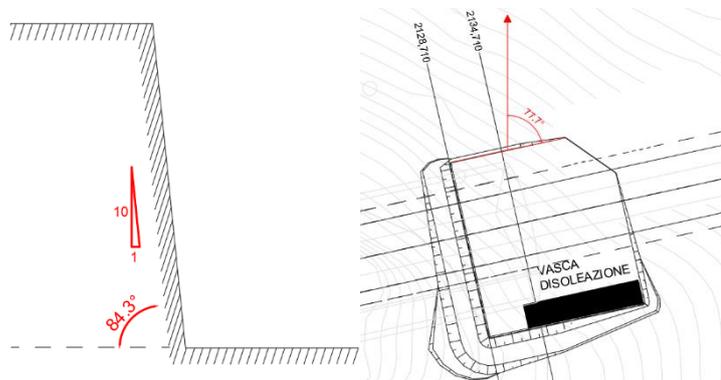
Per determinare la giacitura del versante in destra dell'imbocco GA02 è necessario definire i due parametri:

- Angolo di inclinazione (DIP)

Lo scavo ha una pendenza di progetto 1 a 10, perciò l'angolo che si misura tra l'orizzontale e la linea di massima pendenza risulta essere di circa 84°.

- Angolo di direzione (DIP DIRECTION)

Dalla planimetria l'angolo che si genera tra il Nord e la direzione del fronte di scavo, ha un valore di circa 78°.



4.2.3 Versante in sinistra

Per determinare la giacitura del versante in destra dell'imbocco GA02 è necessario definire i due parametri:

- Angolo di inclinazione (DIP)

Lo scavo ha una pendenza di progetto 1 a 10, perciò l'angolo che si misura tra l'orizzontale e la linea di massima pendenza risulta essere di circa 84°.

- Angolo di direzione (DIP DIRECTION)

Dalla planimetria l'angolo che si genera tra il Nord e la direzione del fronte di scavo, ha un valore di circa 78°.



Si riporta nella Tabella 4-3 la sintesi delle giaciture del fronte di scavo e dei versanti in destra e in sinistra dell'imbocco GA02 utilizzati per l'analisi di stabilità globale.

Tabella 4-3: Sintesi giaciture versanti imbocco GA02

	DIP [°]	DIP DIRECTION [°]
Fronte di scavo	84,3°	167,4°
Versante in destra	84,3°	77,4°
Versante in sinistra	84,3°	77,4°

5 CRITERI DI VERIFICA

Ai fini del dimensionamento geotecnico e strutturale ai sensi del D.M. 2018 sono stati considerati i seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - o sfilamento di uno o più ancoraggi;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - o raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1 della normativa, deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo E_d il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]; E_d = \gamma_E E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico definito dalla relazione

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

Gli effetti delle azioni e delle resistenze sono espressi in termini di azioni di progetto $\gamma_F F_k$, parametri di progetto X_k/γ_M e geometria di progetto a_d . Nella formulazione della resistenza R_d , viene indicato esplicitamente un coefficiente γ_R che agisce direttamente sulla resistenza del sistema.

Le verifiche di stabilità globale del fronte di scavo sono state condotte secondo la seguente Combinazione 2 dell'Approccio 1: A2+M2+R2.

In riferimento alla combinazione A1+M1+R3 (specifica per i tiranti), la verifica può essere effettuata tenendo conto dei coefficienti parziali riduttivi della resistenza degli ancoraggi riportati nella Tabella 5-1 (in accordo con il parag. 6.6.2 delle NTC2018 tab. 6.6.I).

Tabella 5-1: Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi

	Simbolo	Coefficiente parziale
Temporanei	γ_R	1,1
Permanenti	γ_R	1,2

Le verifiche SLU sono state eseguite considerando le combinazioni di coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti.

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

Tabella 5-2: Coefficienti moltiplicativi incrementali delle azioni, utilizzati nelle verifiche allo SLU

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale	Combinazioni statiche	
			A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	1.00	1.00
	Sfavorevole		1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.00	0.00
	Sfavorevole		1.50	1.30

Tabella 5-3: Coefficienti moltiplicativi riduttivi dei parametri di resistenza dei materiali nelle verifiche SLU

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale γ_M	Combinazioni statiche	
			M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_{K1}$	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'_{Kc}	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uK}	γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	q_u	γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.00	1.00

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

6 METODO DI ANALISI

6.1 METODO DI CALCOLO

L'analisi di stabilità globale dei pendii viene eseguita tramite l'impiego del software SWedge v 6.0 (Rocscience Inc), valutando la geometria e la stabilità dei cunei superficiali nei pendii rocciosi utilizzando il metodo dell'equilibrio limite sulla superficie di scivolamento che si individua combinando le varie discontinuità. Il cuneo critico è quello associato al fattore di sicurezza minimo.

6.2 AZIONI E CARICHI AGENTI

6.2.1 Carichi permanenti

6.2.1.1 Peso proprio

Il peso proprio del cuneo instabile si ottiene moltiplicando il suo volume per il peso specifico della roccia all'interno della quale questo si sviluppa, pari a 26kN/m³.

6.2.1.2 Spinta del terreno

La spinta del terreno è stata calcolata in condizioni di spinta limite attiva.

6.2.2 Carichi sismici

Lo studio della stabilità del pendio viene eseguita in condizioni sismiche mediante metodi pseudostatici, ovvero rappresentando l'azione sismica con un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno parzialmente instabile.

L'azione sismica è definita secondo quanto riportato nel par. 3.2 del DM 17/01/2018 a partire dall'accelerazione massima attesa su affioramento roccioso (a_g) e dai parametri spettrali (F_0 e T_c^*) per il sito di riferimento. Assumendo che:

- la vita nominale delle opere in oggetto sia pari $V_N = 50$ anni;
- la classe d'uso a cui si fa riferimento sia la IV ($C_U = 2.00$)

si determina un periodo di riferimento $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni.

In considerazione della probabilità di superamento dell'accelerazione di progetto P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , viene definito un tempo di ritorno $T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR})$.

Allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) si pone $P_{VR} = 10\%$, pertanto $T_R = 949$ anni.

Per la definizione dell'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento si fa riferimento alla "Relazione geotecnica di caratterizzazione". Per una dettagliata analisi si rimanda all'elaborato [4] in bibliografia.

Per la valutazione delle azioni sismiche sono state investigate tre differenti coordinate appartenenti a parti del tracciato di progetto, come riportato nella Figura 6-1.

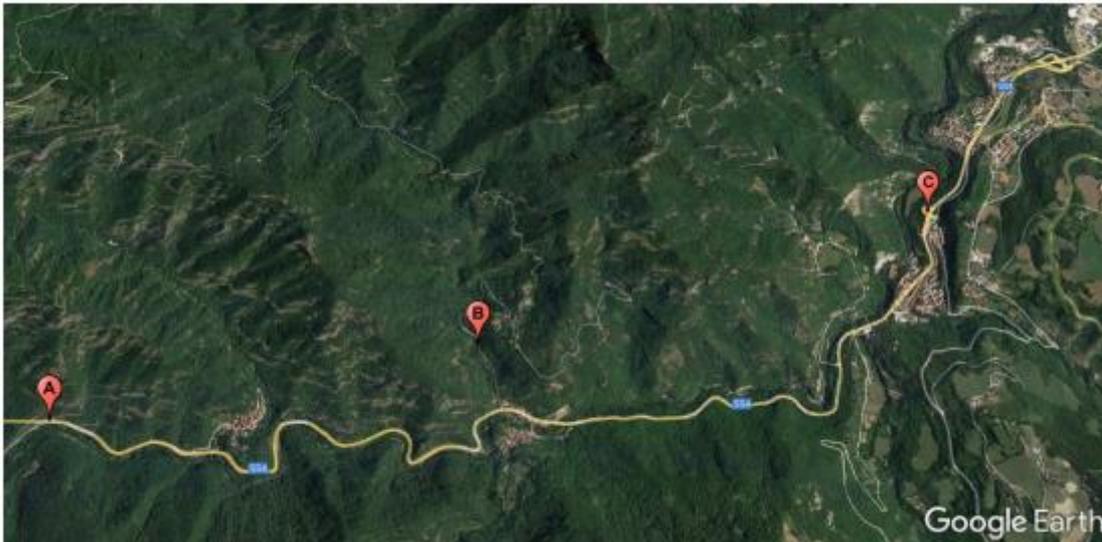


Figura 6-1: Punti investigati nel calcolo delle azioni sismiche

Ai fini delle analisi dell'opera GA02 sono stati considerati, allo SLV, i parametri spettrali ottenuti in corrispondenza del punto B per l'opera GA02:

- $a_g = 2.864 \text{ m/s}^2$
- $F_0 = 2.430$
- $T_c^* = 0.354 \text{ s}$

dove:

- a_g è l'accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* è il valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

La componente orizzontale a_h è stata calcolata mediante la relazione (paragr. 7.11.3.5.2 del DM 17/01/2018):

$$a_h = k_h \times g = \beta_s \frac{a_{max}}{g}$$

Dove:

Ponendo $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$ segue che $a_v = \pm 0.5 \cdot a_h$.

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata come:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T). In particolare, tali coefficienti assumono i seguenti valori:

- $S_s = 1.1162 \rightarrow$ Categoria di sottosuolo di tipo B
- $S_T = 1.20 \rightarrow$ Categoria topografica T2

L'imbocco GA02 si sviluppa nella categoria di sottosuolo B. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato [6] in bibliografia.

Pertanto, risulterà:

$$- a_{\max} = 1.1162 \cdot 1.20 \cdot 2.864 \text{ m/s}^2 = 3.836 \text{ m/s}^2 = 0.391 \text{ g};$$

Per le verifiche di stabilità globale in condizioni sismiche i coefficienti pseudo-statici k_h e k_v sono ridotti adottando opportuni valori di β_s , in riferimento a "fronti di scavo e rilevati" (§7.11.4, NTC2018). Nel caso in esame, per le verifiche di stato limite ultimo, $\beta_s = 0.38$.

La tabella seguente riassume i valori assunti nelle verifiche di stabilità globale per l'opera.

Tabella 6-1: Riepilogo delle accelerazioni sismiche orizzontali e verticali nella verifica di stabilità di fronti di scavo

$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}/g$	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$
SLV	SLV
0.1486	± 0.0743

6.3 ELEMENTI STRUTTURALI

6.3.1 Ancoraggi passivi

Nel modello di calcolo gli ancoraggi sono stati schematizzati, in questa fase progettuale, con l'opzione *pressure* del software che consente di specificare una pressione da applicare alla faccia superiore del cuneo. La pressione è specificata alla resistenza di progetto del chiodo diviso il prodotto degli interassi della chiodatura nelle due direzioni ortogonali

In termini generali, il Fattore di Sicurezza (FS) è definito come il rapporto tra le forze che resistono al movimento e le forze motrici. Le forze motrici includono il peso proprio del cuneo, le forze sismiche e la pressione dell'acqua. Le forze di resistenza derivano dalla coesione e dalla forza di attrito dei piani di scorrimento del cuneo. Il supporto passivo è incluso nell'analisi Swedge con la seguente relazione

$$F = \frac{\text{resisting force} + T_N \tan \phi + T_S}{\text{driving force}}$$

dove T_N è la componente normale e T_S è la componente di taglio della forza applicata alla roccia dal supporto. Con questa definizione, si osserva come si presuppone che il supporto passivo aumenti la forza di resistenza fornita dal contenimento del taglio.

6.4 VERIFICHE

Il metodo valuta le condizioni di stabilità del fronte di scavo ricercando per tentativi la superficie di scivolamento critica, ossia quella a cui compete il coefficiente di sicurezza FS minimo e verificando se tale valore risulta maggiore o minore di 1. Il valore di $Fs=1$ corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata.

Il sistema di ancoraggi, previsto per mettere in sicurezza i versanti sui quali si ha la possibilità che si generino dei meccanismi di rottura, necessita di verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO) in seguito descritte.

6.4.1 Ancoraggi passivi

Per calcolare la forza distribuita sviluppata dalla maglia di ancoraggi passivi (chiodi) da applicare alla faccia del cuneo instabile, si sono calcolate tre tipologie di resistenze che si sviluppano:

- Resistenza della barra di ancoraggio
- Resistenza allo sfilamento al contatto malta – acciaio;
- Resistenza allo sfilamento al contatto malta – terreno.

La pressione da applicare al versante per stabilizzare il cuneo è stata calcolata considerando la minore delle tre resistenze che il sistema di ancoraggi può fornire.

6.4.1.1 Verifica di resistenza

Nel caso di ancoraggi in barre d'acciaio la resistenza di progetto del materiale che costituisce l'armatura dell'ancoraggio è calcolata con la seguente espressione

$$R_{td} = A_t * f_{yk} / \gamma_s$$

dove:

- o F_{yk} è la tensione di snervamento dell'acciaio ed è pari a 450 MPa;
- o A_t è la sezione del tirante, calcolata per una barra $\phi 24$;
- o γ_s è il coefficiente di sicurezza per la resistenza dell'acciaio e pari a 1.15, secondo il paragrafo 4.3.3 delle NTC2018.
- o

6.4.1.2 Verifica di sfilamento

6.4.1.2.1 Resistenza adesione malta cementizia-terreno

Per il calcolo della resistenza ultima allo sfilamento (R_{ak}) può essere definita dalla seguente relazione:

$$R_{a,c} = \pi \times D_p \times L_b \times \tau$$

dove:

- D_p : diametro di perforazione,
- L_b : lunghezza del bulbo,
- τ : resistenza adesione malta-terreno

Sulla base di quanto descritto nel paragrafo 6.6.2 del D.M. 2018 (caso b) ed in assenza di prove dirette (caso a) il calcolo del valore di resistenza caratteristica R_{ak} deriva dalla seguente espressione:

$$R_{ak} = \min[R_{a,c \text{ medio}} / \xi_{a3} ; R_{a,c \text{ min}} / \xi_{a4}]$$

dove $R_{a,c \text{ medio}}$ e $R_{a,c \text{ min}}$ sono i valori medio e minimo della resistenza $R_{a,c}$ ottenuta dal calcolo e ξ_a fattori di correlazione che dipendono dalla conoscenza del modello geotecnico di riferimento, funzione del numero dei profili di indagine eseguiti (vedi tabella seguente).

Tabella 6-2: Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica delle prove geotecniche, in funzione del numero di verticali di indagine (Tab. 6.6.III del D.M.2018)

Numero di profili d'indagine	1	2	3	4	≥5
ξ_{a3}	1.80	1.75	1.70	1.65	1.60
ξ_{a4}	1.80	1.70	1.65	1.60	1.55

La resistenza di calcolo, R_{ad} viene definita mediante la relazione:

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$$

con γ_R definito nella tabella seguente.

Tabella 6-3: Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi (Tab. 6.6.I del D.M.2018)

Tipologia tirante	Simbolo γ_R	Coefficiente parziale
temporaneo	$\gamma_{R,t}$	1.1
permanente	$\gamma_{R,p}$	1.2

Nella tabella seguente si riportano i valori di sbulbamento e di tensione di aderenza adottati per l'unità geotecnica U, ovvero la formazione della Laga, all'interno della quale verranno infilati gli ancoraggi.

Tabella 6-4: Valori di progetto per le verifiche allo sfilamento

Unità geotecnica	D_p [mm]	α [-]	τ [kPa]
U	40	1	200

dove:

- D_p è il diametro di perforazione;
- α è il fattore di sbulbamento;
- τ è l'aderenza limite bulbo-terreno.

6.4.1.2.2 Resistenza adesione barra-malta cementizia

La tensione limite di ancoraggio $R_{ak,c}$ viene valutata con la seguente formula:

$$R_{ak,c} = \pi \times d \times f_{bd} \times L_b$$

dove:

- d : diametro barra d'acciaio
- L_b : lunghezza bulbo
- f_{bd} : $2,25 \times n \times f_{ctk 0.05} / \gamma_c$

in cui:

- γ_c : 1.5
- $n = 1$, per $\phi \leq 32$ mm; $n = (132 - \phi) / 100$, per $\phi > 32$ mm
- $f_{ctk 0.05}$: $0,7 \times 0,30 \times f_{ck}^{2/3}$ (1.80 MPa per C20/25)

Anche su questo valore si applica il coefficiente γ_R per definire la resistenza di calcolo $R_{ad,c}$.

6.4.1.2.3 Lunghezza di ancoraggio

Nel determinare la lunghezza del bulbo L_b da inserire nelle verifiche, si devono fare alcune considerazioni in merito ai meccanismi di rottura che possono interessare gli elementi strutturali. Le verifiche a sfilamento vanno infatti condotte sia nella parte stabile che nella parte instabile del cuneo, perché nel primo caso si verifica uno sfilamento esterno dell'ancoraggio dal pendio, nel secondo caso si assisterebbe invece a un movimento franoso con il chiodo che rimane comunque ancorato nel pendio. Per tenere conto della situazione peggiore, si deve considerare nelle verifiche a sfilamento, la minore tra le due lunghezze:

- Lunghezza dell'elemento nella zona stabile;
- Lunghezza dell'elemento nella zona instabile.

Le verifiche vengono perciò condotte considerando la minore tra le due lunghezze, con la seguente relazione

$$L_b = 0,35 \times \frac{L_{tot}}{2}$$

Tale relazione è stata definita partendo dall'assunzione che a $\frac{L_{tot}}{2}$ l'ancoraggio sia nella situazione migliore, ovvero la lunghezza nella zona instabile è uguale a quella stabile; dopodiché si avrà sempre una lunghezza inferiore a questa.

7 Meccanismi di scorrimento ammissibili di cunei potenzialmente instabili

Prima di condurre l'analisi di stabilità globale, si sono riportate sul software *Dips v 5.0* (Rocscience, Inc.) le famiglie di discontinuità delle stazioni geomeccaniche SG2, SG3 e SG4 condotte in prossimità dell'imbocco GA02 della galleria Favalanziata lato Ascoli Piceno, in riferimento alla formazione della Laga.

Si sono riportate su un reticolo polare equiareale (emisfero inferiore) i poli medi delle famiglie di discontinuità rilevate, il polo del fronte di scavo e le relative ciclografie. Da questa rappresentazione si osservano preliminarmente le coppie di famiglie di discontinuità che potrebbero portare alla formazione di cunei potenzialmente instabili.

Si riportano di seguito il reticolo che rappresenta il fronte di scavo (Figura 7-1/Figura 1-1) dell'imbocco GA02 e il reticolo che riporta invece le medesime informazioni dei versanti in destra e in sinistra (Figura 7-2). Si precisa che in questa fase si individuano i *possibili* meccanismi di scivolamento; sarà con l'Analisi di stabilità globale che si valuterà il verificarsi o meno di tali fenomeni attraverso il calcolo del fattore di sicurezza.

Le intersezioni che ricadono all'interno dell'area campita in verde sono quelle che possono generare cunei potenzialmente instabili.

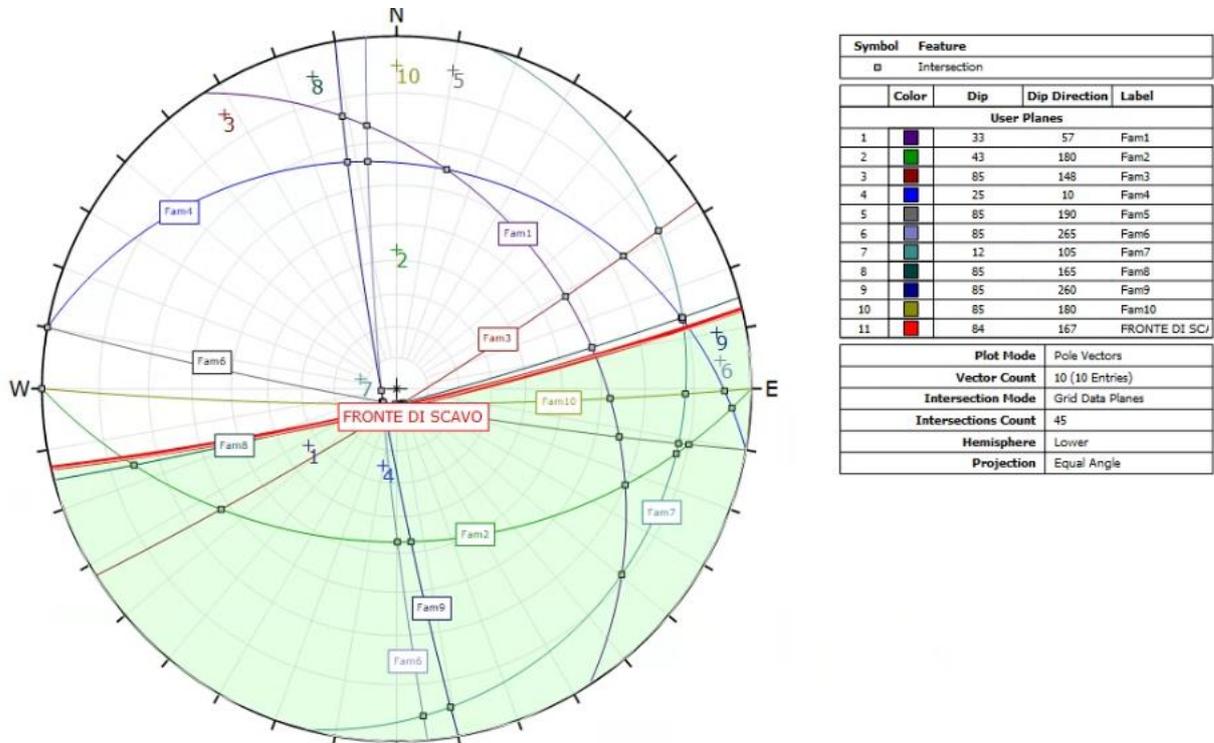
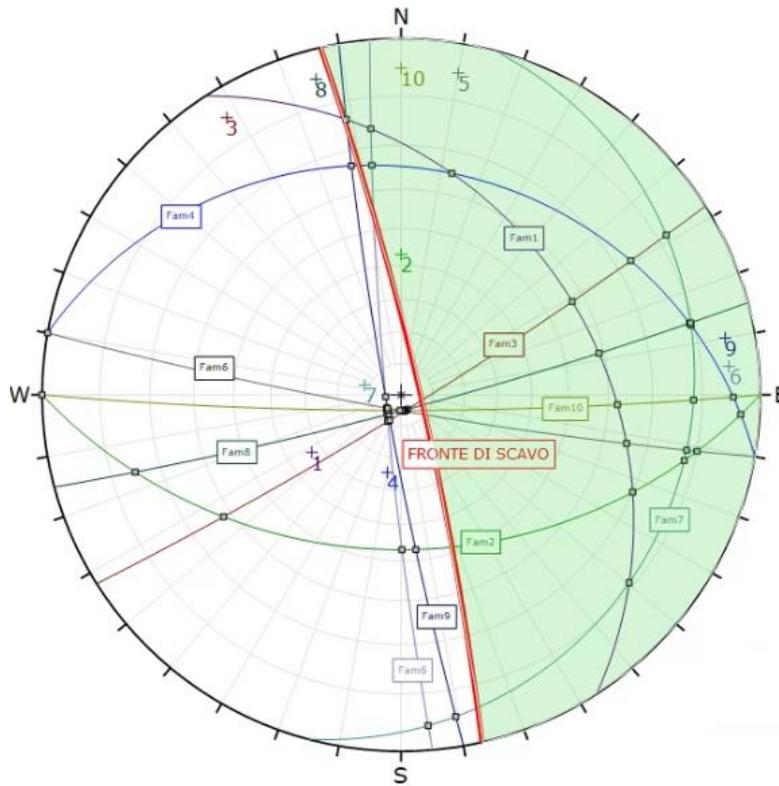


Figura 7-1: Meccanismi di scorrimento ammissibili sul fronte di scavo dell'imbocco GA02



Symbol	Feature		
□	Intersection		
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	33	57	Fam1
2	43	180	Fam2
3	85	148	Fam3
4	25	10	Fam4
5	85	190	Fam5
6	85	265	Fam6
7	12	105	Fam7
8	85	165	Fam8
9	85	260	Fam9
10	85	180	Fam10
11	84	77	FRONTE DI SCAVO
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		10 (10 Entries)	
Intersection Mode		Grid Data Planes	
Intersections Count		45	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

Figura 7-2: Meccanismi di scorrimento ammissibili sul versante destro e sinistro dell'imbocco GA02

8 ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE

Successivamente sono state condotte le analisi di stabilità di tutti i casi per i quali erano possibili i meccanismi di scorrimento del cuneo potenzialmente instabili, importando direttamente da Dips su Swedge le famiglie di discontinuità, determinando il fattore di sicurezza con la relazione di seguito riportata, in cui sono inclusi il peso del cuneo e l'azione sismica precedentemente definita ($K_h=0,12$) e facendo riferimento al criterio di resistenza attrittiva di Barton e Brandis:

$$F_s = \frac{A_1 \tau_R^{(1)} (N_1 / A_1) + A_2 \tau_R^{(2)} (N_2 / A_2)}{T_{12}}$$

In cui A_1 e A_2 rappresentano le aree dei giunti che generano il cuneo con il più basso fattore di sicurezza; τ_1 e τ_2 indicano le resistenze disponibili, rispettivamente, sulle discontinuità 1 e 2 alle sollecitazioni normali medie N_1/A_1 e N_2/A_2 .

8.1 FRONTE DI SCAVO

In Figura 8-2 è riportata la sviluppata dell'imbocco GA02 dalla quale si può definire la massima altezza del versante con cui si sono condotte le analisi di stabilità globale del fronte di scavo. Per una più dettagliata visualizzazione di tale sviluppata si rimanda all'elaborato [5] in bibliografia.

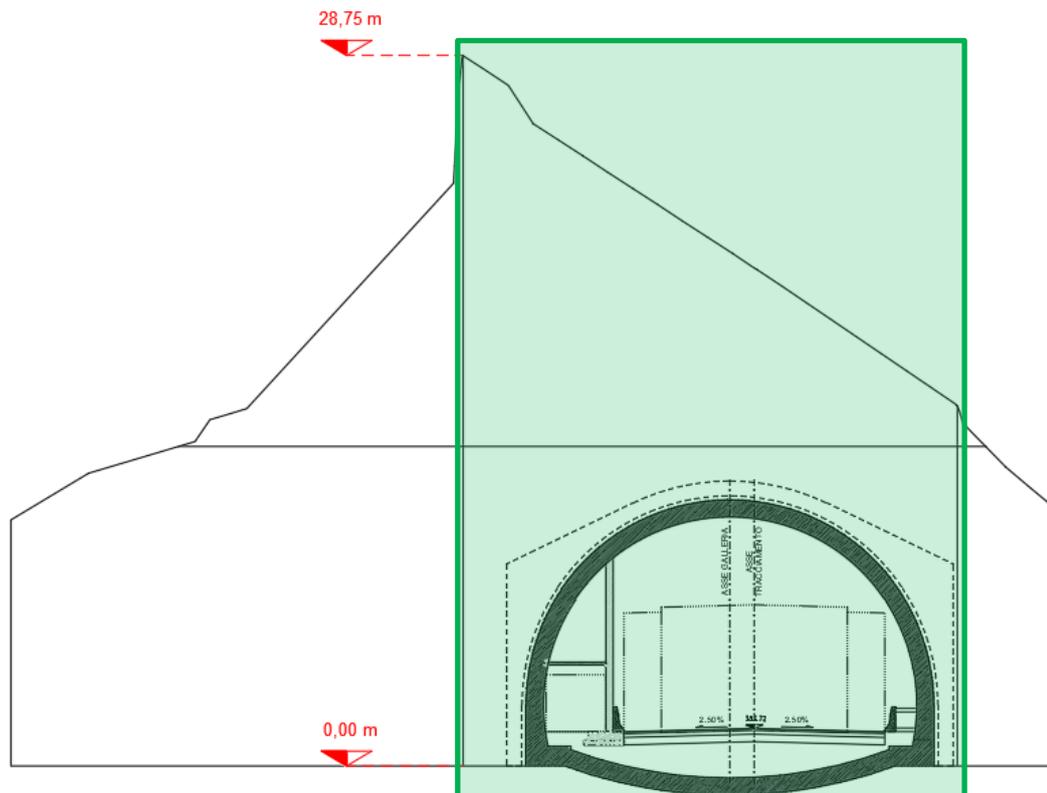


Figura 8-1: Sviluppata imbocco GA02-Fronte di scavo

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

Nella Tabella 1-1 sono riportati i parametri di input con cui è stata condotta l'Analisi di stabilità sul fronte di scavo, la quale ha evidenziato un cuneo instabile ($FS < 1$) riportato in Figura 8-2

Tabella 8-1: Sintesi parametri analisi di stabilità globale del fronte di scavo dell'imbocco GA02

VERSANTE	Altezza	30 m
	DIP	84°
	DIP DIRECTION	167°
CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE	Peso specifico	26 kN/m ³
	Angolo di base	27°
	JRC	10
	JCS	6,25 MPa
FORZE ESTERNE	Coefficiente sismico	0,15

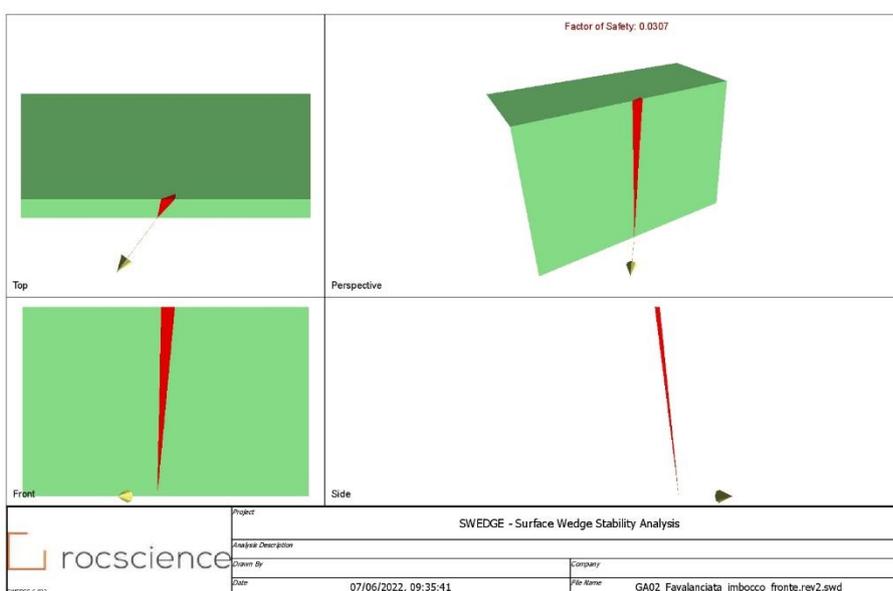


Figura 8-2: Cuneo con il minore FS del fronte di scavo dell'imbocco GA02

FS = 0.03		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	8,36 m ³
	Peso	0,22 MN
PIANI DI SCORRIMENTO	Superficie 1: Fam3	DIP = 85°
		DIP DIRECTION = 148°
	Superficie 2: Fam9	DIP = 85°
		DIP DIRECTION = 260°

Tabella 8-2: Risultati analisi di stabilità sul fronte di scavo dell'imbocco GA02

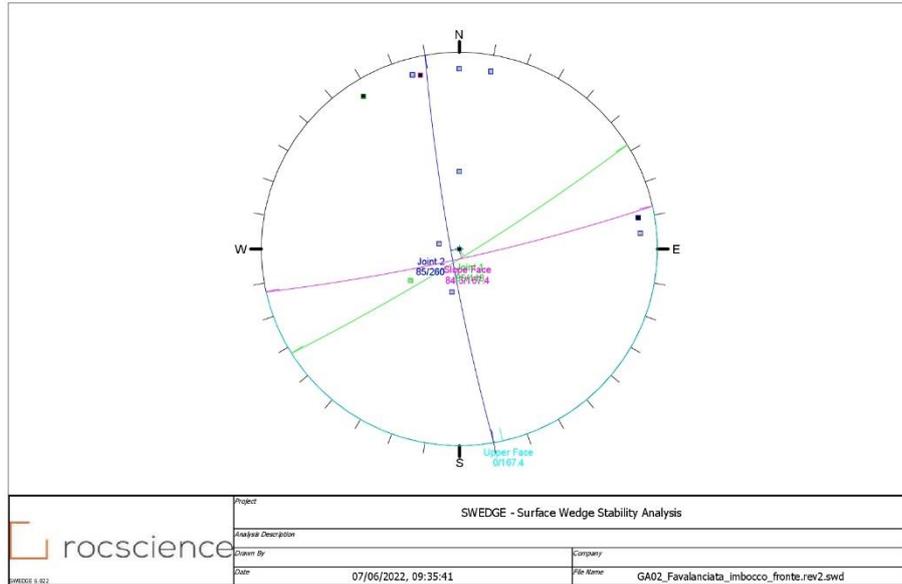


Figura 8-3: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del fronte di scavo dell'imbocco GA02

8.2 VERSANTE IN DESTRA

In Figura 8-4 è riportata la sviluppata del versante in destra GA02 dalla quale si può definire la massima altezza del versante con cui si sono condotte le analisi di stabilità globale del fronte di scavo. Per una più dettagliata visualizzazione di tale sviluppata si rimanda all'elaborato [5] in bibliografia.

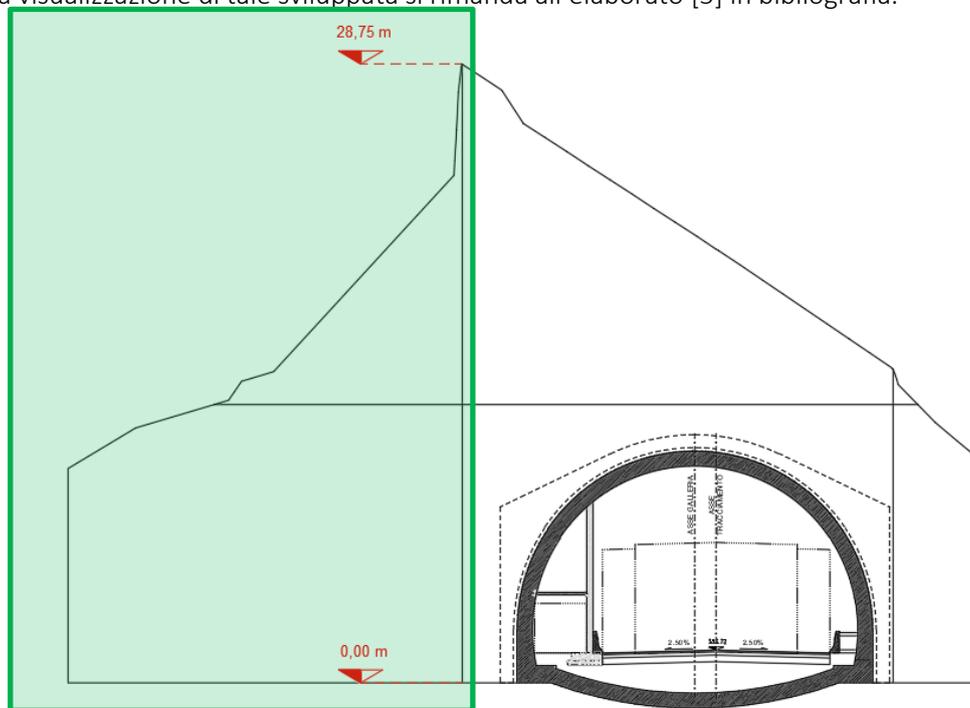


Figura 8-4: Sviluppata imbocco GA02-Versante in destra

Nella Tabella 8-3 sono riportati i parametri di input con cui è stata condotta l'Analisi di stabilità sul fronte di scavo. Nella Figura 8-5 è riportato il cuneo con il minore fattore di sicurezza, che risulta comunque soddisfare le verifiche di stabilità ($FS > 1$).

Tabella 8-3: Sintesi parametri analisi di stabilità globale del versante in destra dell'imbocco GA02

VERSANTE	Altezza	30 m
	DIP	84,3°
	DIP DIRECTION	77,4°
CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE	Peso specifico	26 kN/m ³
	Angolo di base	27°
	JRC	10
	JCS	6,25 MPa
FORZE ESTERNE	Coefficiente sismico	0,15

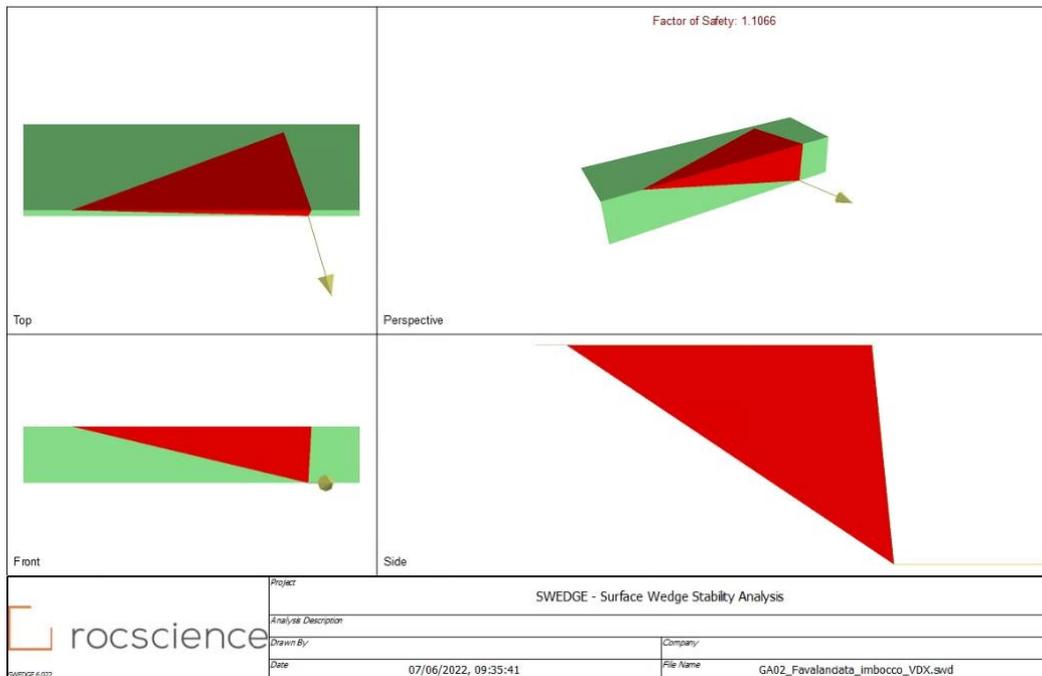


Figura 8-5: Cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA02

$FS = 1,1066$		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	26187,87 m ³
	Peso	680,89 MN
PIANI DI SCORRIMENTO	Superficie 1: Fam1	DIP = 33° DIP DIRECTION = 57°
	Superficie 2: Fam3	DIP = 85° DIP DIRECTION = 148°

Tabella 8-4: Risultati analisi di stabilità versante in destra dell'imbocco GA02

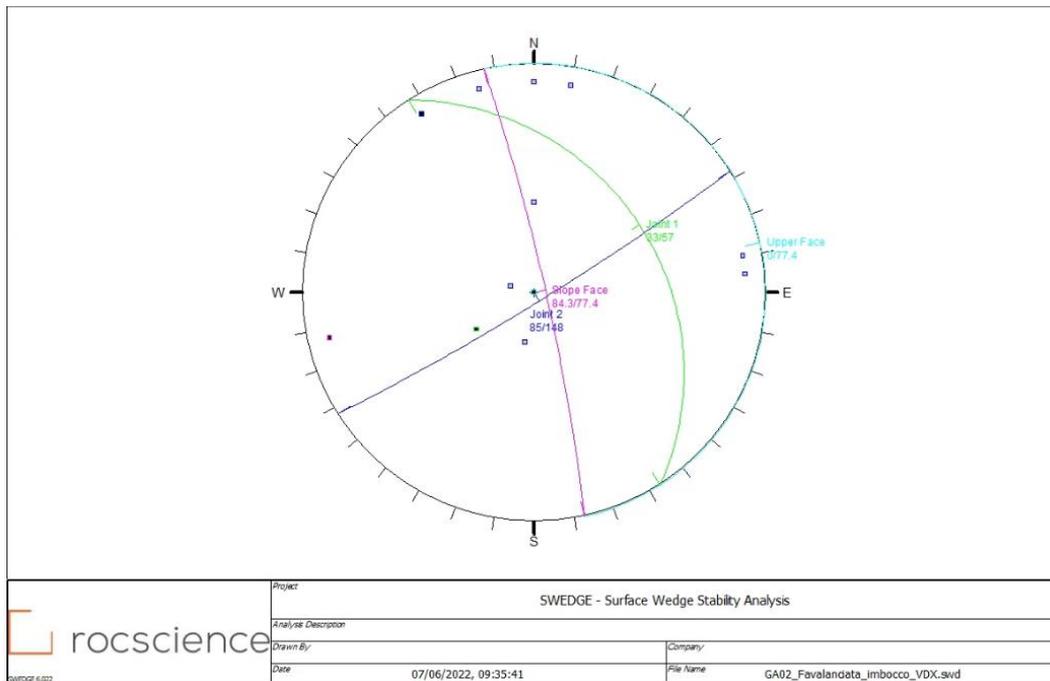


Figura 8-6: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA02

8.3 VERSANTE IN SINISTRA

In Figura 8-7 è riportata la sviluppata del versante in destra GA02 dalla quale si può definire la massima altezza del versante con cui si sono condotte le analisi di stabilità globale del fronte di scavo. Per una più dettagliata visualizzazione di tale sviluppata si rimanda all'elaborato [5] in bibliografia.

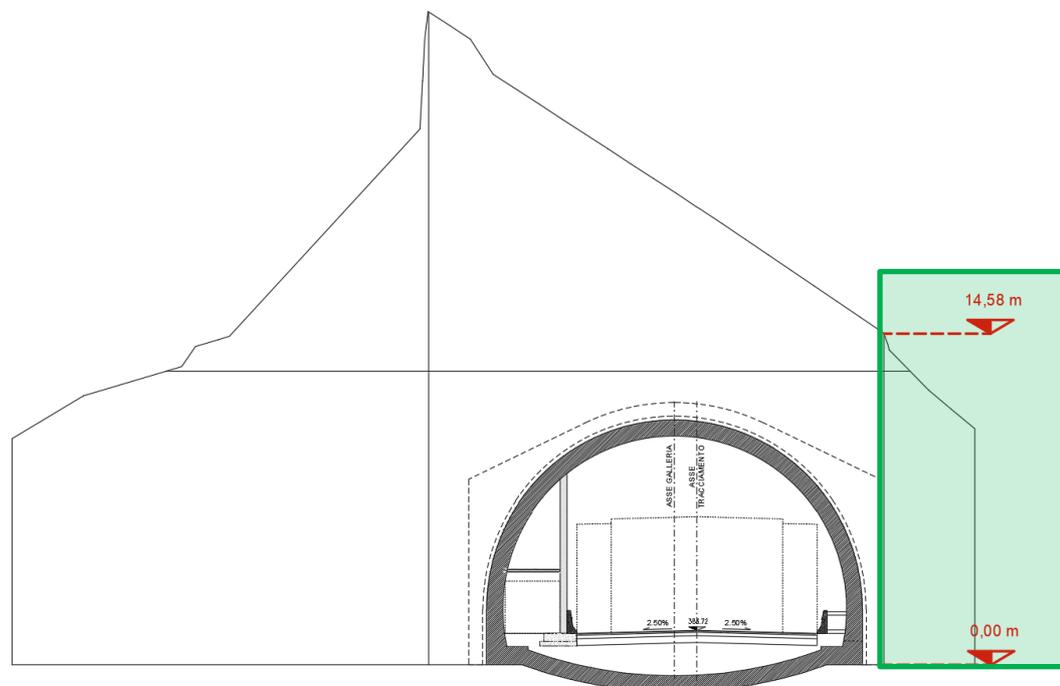


Figura 8-7: Sviluppata imbocco GA02-Versante in sinistra

Nella Tabella 8-5 sono riportati i parametri di input con cui è stata condotta l'Analisi di stabilità sul fronte di scavo. Nella Figura 8-8 è riportato il cuneo con il minore fattore di sicurezza, che risulta comunque soddisfare le verifiche di stabilità ($FS > 1$).

Tabella 8-5: Sintesi parametri analisi di stabilità globale del versante in destra dell'imbocco GA02

VERSANTE	Altezza	15 m
	DIP	84,3°
	DIP DIRECTION	77,4°
CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE	Peso specifico	26 kN/m ³
	Angolo di base	27°
	JRC	10
	JCS	6,25 MPa
FORZE ESTERNE	Coefficiente sismico	0,15

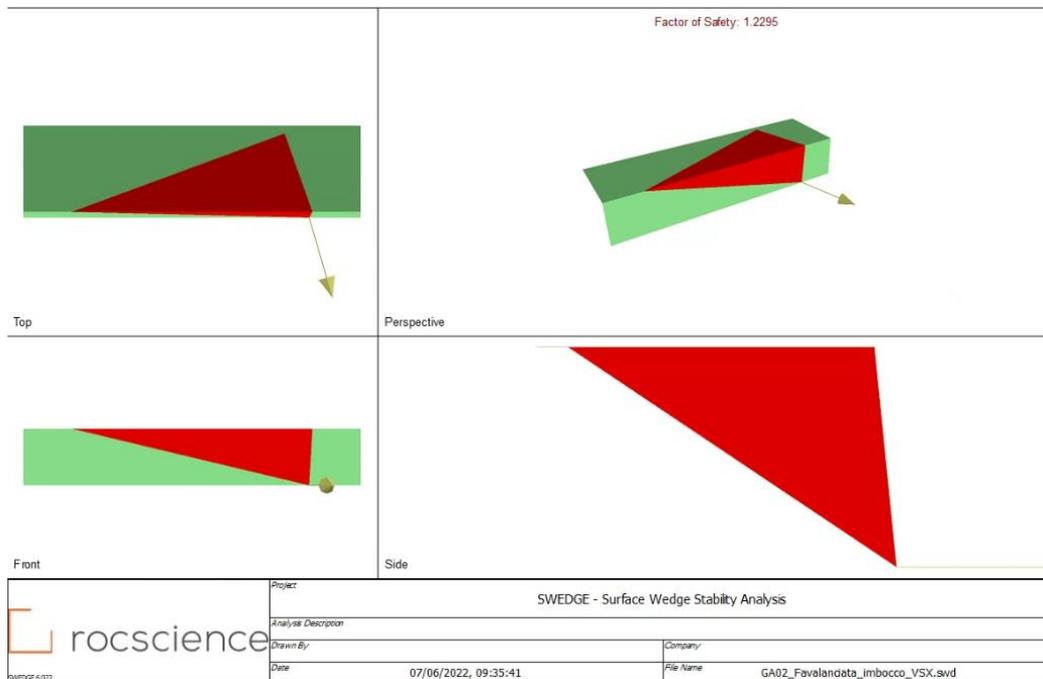


Figura 8-8: Cuneo con il minore FS del versante in sinistra dell'imbocco GA02

FS = 1,2295		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	3273,48 m ³
	Peso	85,11 MN
PIANI DI SCORRIMENTO	Superficie 1: Fam1	DIP = 33° DIP DIRECTION = 57°
	Superficie 2: Fam3	DIP = 85° DIP DIRECTION = 148°

Tabella 8-6: Risultati analisi di stabilità versante in sinistra dell'imbocco GA02

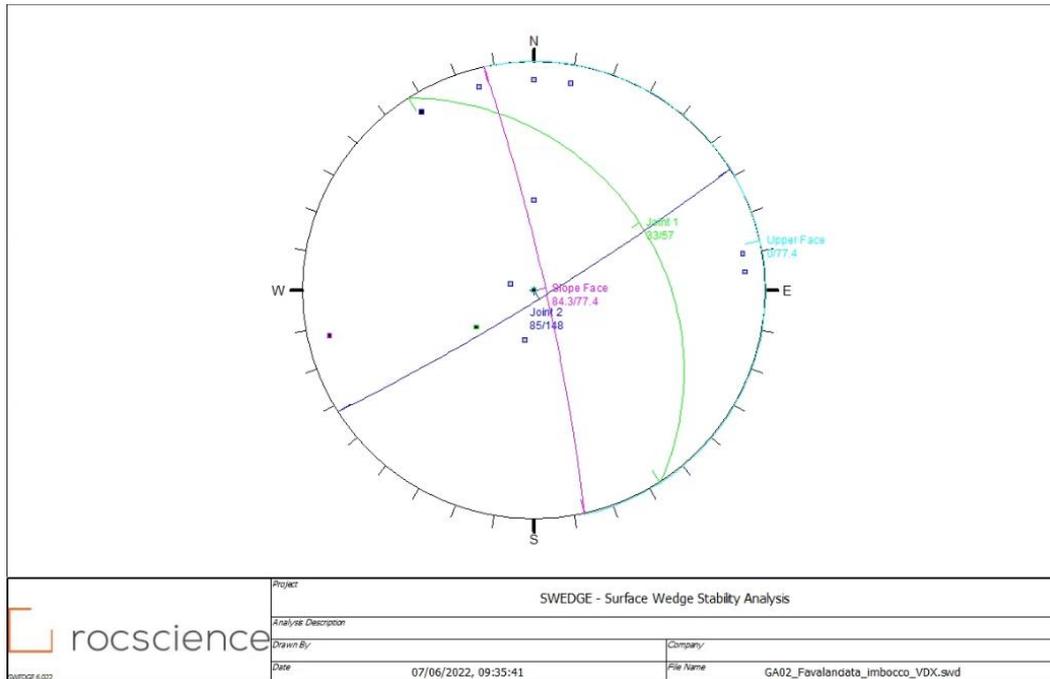


Figura 8-9: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA02

9 PROGETTO INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE

Per i casi in cui i cunei sono effettivamente instabili, ovvero per il fronte di scavo, si è ritenuto opportuno prevedere, l'inserimento di chiodi costituiti da barre di acciaio iniettato di 24 mm di diametro, che aumentano la resistenza a taglio della superficie di scorrimento. Questo aumento può essere implementato nella formula del fattore di sicurezza come aumento in termini di coesione che danno i chiodi lungo il piano di scorrimento.

Come illustrato nel paragraf. 6.3.1 di tale elaborato, la resistenza offerta dalla chiodatura è stata considerata nell'analisi come una pressione. Il valore di tale pressione è stato definito dividendo per l'area di incidenza di ogni chiodo la resistenza del singolo chiodo, ovvero la minima resistenza tra la resistenza dell'elemento strutturale e la resistenza allo sfilamento (acciaio – malta e malta – terreno).

9.1 FRONTE DI SCAVO

Nella Tabella 9-1 sono riportate le informazioni degli ancoraggi necessari al soddisfacimento delle verifiche di stabilità e nella Tabella 9-2 le resistenze offerte dall'intervento.

Tabella 9-1: Dimensionamento ancoraggi fronte di scavo imbocco GA02

LUNGHEZZA	Lunghezza chiodo	L_{tot}	6 m
	Lunghezza di ancoraggio	L_b	1,05 m
DIAMETRO	Diametro barre	D	24 mm
	Diametro di perforazione	D_p	40 mm
MAGLIA	Interasse direzione x	N_x	1,5 m
	Interasse direzione y	N_y	1,5 m

Tabella 9-2: Resistenze ancoraggi imbocco GA02

Resistenza a rottura barra [kN]	177
Resistenza a sfilamento (malta-acciaio) [kN]	98,96
Resistenza a sfilamento (malta-terreno) [kN]	12,22

La pressione applicata al fronte è stata definita con la seguente relazione

$$P = \frac{R_{min}}{A}$$

In cui $R_{min} = 12.22 \text{ kN}$ e $A = 2,25 \text{ m}$ (area di incidenza del singolo chiodo), ottenendo quindi $P = 5.43 \text{ kPa}$. Per maggiori dettagli dei risultati in seguito all'applicazione della pressione alla superficie del cuneo, si rimanda agli allegati.

9.2 VERSANTE IN DESTRA E IN SINISTRA

Si prevede cautelativamente un intervento di chiodatura delle pareti anche sui versanti lato destro e sinistro dell'imbocco GA02, seppure non vi è idoneità per meccanismi di scorrimento.

Nella Tabella 9-3 sono riportate le informazioni degli ancoraggi necessari al soddisfacimento delle verifiche di stabilità e nella Tabella 9-4 le resistenze offerte dall'intervento.

Tabella 9-3: Dimensionamento ancoraggi versante lato destro e sinistro imbocco GA02

LUNGHEZZA	Lunghezza chiodo	L_{tot}	3 m
	Lunghezza di ancoraggio	L_b	0,45 m
DIAMETRO	Diametro barre	D	24 mm
	Diametro di perforazione	D_p	40 mm
MAGLIA	Interasse direzione x	N_x	3 m
	Interasse direzione y	N_y	3 m

Tabella 9-4: Resistenze ancoraggi versante lato destro e sinistro imbocco GA02

Resistenza a rottura barra [kN]	177
Resistenza a sfilamento (malta-acciaio) [kN]	42,41
Resistenza a sfilamento (malta-terreno) [kN]	2,24

La pressione applicata al fronte è stata definita con la seguente relazione

$$P = \frac{R_{min}}{A}$$

In cui $R_{min} = 5.24 \text{ kN}$ e $A = 9 \text{ m}$ (area di incidenza del singolo chiodo), ottenendo quindi

$P = 0,58 \text{ kPa}$. Per maggiori dettagli dei risultati in seguito all'applicazione della pressione alla superficie del cuneo, si rimanda agli allegati.

10 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Le verifiche di stabilità sono state svolte, con il metodo dell'equilibrio limite (Bishop), analizzando le combinazioni di carico statica e sismica impiegando il software commerciale STAP 16.01a.

L'analisi sismica è stata condotta con il metodo pseudo-statico, dove l'azione del sisma è rappresentata da una forza statica equivalente che non varia nel tempo, pari al prodotto di un coefficiente k (coefficiente sismico) per il peso della massa potenzialmente instabile.

Nelle analisi di stabilità globale si è assunto un coefficiente di riduzione dell'accelerazione sismica $\beta_s = 0.38$ (Tab. 7.11.I – DM 20/02/2018). Nella tabella seguente sono riportati i valori dei coefficienti pseudo-statici considerati per le sezioni d'esame.

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite considerando la Combinazione 2 dell'Approccio 1 del DM Infrastrutture 20 Febbraio 2018 (A2+M2+R2, dove R2=1.1). Il fattore di sicurezza deve pertanto essere ≥ 1.1 (R2) in condizioni statiche.

In condizioni sismiche, la verifica di stabilità del complesso paratia-terreno si effettua ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e parametri geotecnici e impiegando per la valutazione delle resistenze un coefficiente γ_R pari 1.20.

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti di sicurezza relativi alle configurazioni in esame.

Tabella 10.1: Verifiche di stabilità globale - Riepilogo coefficienti di sicurezza

	GA02
Condizione statica	5.319
Condizione sismica	4.094

Nelle figure seguenti si riportano i risultati delle verifiche riferite alle sezioni di analisi.

Per la definizione delle caratteristiche delle unità geotecniche si rimanda alla relazione geotecnica di progetto.

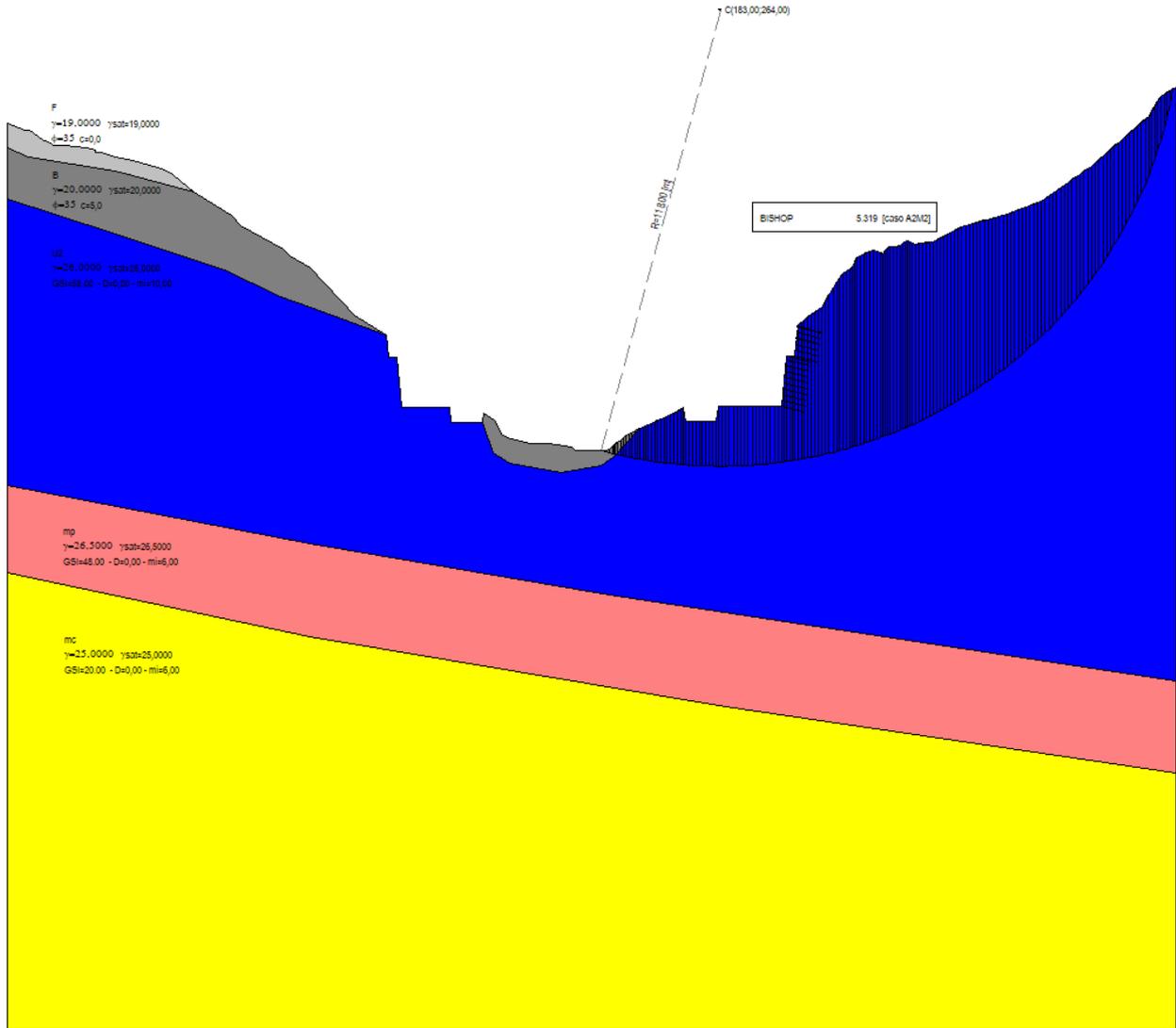


Figura 10-1: Verifica di stabilità globale imbocco GA02 – Condizioni statiche – FS = 5.319

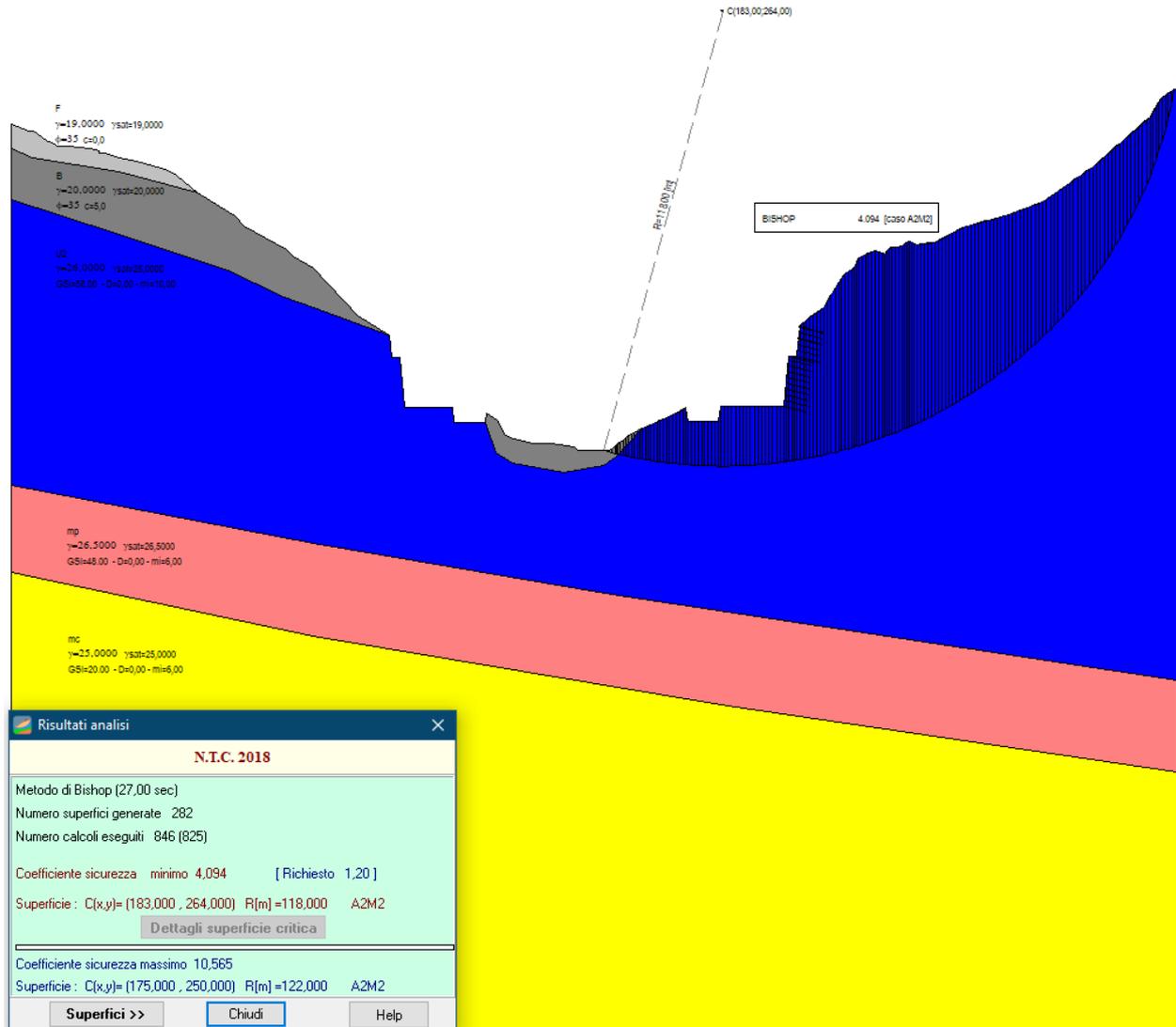


Figura 10-2: Verifica di stabilità globale imbocco GA02 – Condizioni sismiche – FS = 4.094

11 ALLEGATI

11.1 ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – PRE INTERVENTO

SWEDGE 4.022 Page 1 of 5

Swedge Analysis Information
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2
Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Date Created 07/06/2022, 09:35:41

Analysis Results

Analysis type - Combinations

Number of Combinations 45
Number of Valid Wedges 18
Number of Invalid Wedges 27
Number of Failed Wedges 6
Number of Stable Wedges 12

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description			
Drawn By	Company		
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

SWEDGE 4.022 Page 2 of 5

Safety Factor 0.0307337
Wedge height (on slope) [m] 30
Bench width (on upper face) [m] 0.773753
Wedge volume [m3] 8.36449
Wedge weight [MN] 0.217477
Wedge area (joint1) [m2] 35.0753
Wedge area (joint2) [m2] 11.6626
Wedge area (slope) [m2] 32.592
Wedge area (upper face) [m2] 0.836449

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	0.001	0.001
Effective Normal stress [MPa]	0.000	0.000
Shear Strength [MPa]	0.000	0.000
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000

Driving force [MN] 0.219905
Resisting force [MN] 0.00675852

Seismic Force

Seismic force [MN] 0.0326215

Pressure

Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]
Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.000

Failure Mode

Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description			
Drawn By	Company		
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

Page 3 of 5

Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
81.108	204.000	30.365

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	30.155	2.329
Joint 2	30.275	0.775

Persistence

Joint 1 [m] 30.365
Joint 2 [m] 30.365

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	4.094	68.000
Joint 1 & Crest	91.143	19.400
Joint 2 & Crest	84.763	92.600

Dip and Dip Direction

Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description			
Drawn By			Company
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

Page 4 of 5

Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	85.000
Joint Set 2	85.000
Slope	84.300
Upper Face	0.000

Joint Set 1 Data

JRC 10
JCS [MPa] 2.5
Phir [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Joint Set 2 Data

JRC 10
JCS [MPa] 2.5
Phir [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Slope Data

Slope height [m] 30
Rock unit weight [MN/m3] 0.026
Water pressures in the slope NO
Overhanging slope face NO
Externally applied force NO
Tension crack NO

Seismic Data

Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description			
Drawn By			Company
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

rocscience Page 5 of 5

SWEDGE v. 022

Direction: line of intersection J1&J2 but horizontal
Seismic coefficient: 0.15
Trend [deg]: 204
Plunge [deg]: -0

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	-0.066	3.053	30.000
234	2.044	3.525	30.000
123	1.909	4.288	30.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of repose of failed material 38 deg

Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

11.2 ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – POST INTERVENTO

rocscience Page 1 of 5

SWEDGE v. 022

Swedge Analysis Information
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Project Summary

File Name GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2
Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Date Created 07/06/2022, 09:35:41

Analysis Results

Analysis type - Combinations

Number of Combinations 45
Number of Valid Wedges 18
Number of Invalid Wedges 27
Number of Failed Wedges 3
Number of Stable Wedges 15

Current Wedge Data - Min FS Wedge

Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd

rocscience		SWEDGE 4.022		Page 2 of 5
Safety Factor	0.722914			
Wedge height (on slope) [m]	30			
Bench width (on upper face) [m]	28.4411			
Wedge volume [m3]	18633.6			
Wedge weight [MN]	484.475			
Wedge area (joint1) [m2]	2867.56			
Wedge area (joint2) [m2]	432.042			
Wedge area (slope) [m2]	1975.26			
Wedge area (upper face) [m2]	1863.36			
Effective Normal and Strength Properties				
	Joint 1	Joint 2		
Effective Normal force [MN]	312.216	1.139		
Effective Normal stress [MPa]	0.109	0.003		
Shear Strength [MPa]	0.093	0.004		
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000		
Driving force [MN]	383.557			
Resisting force [MN]	277.279			
Seismic Force				
Seismic force [MN]	72.6712			
Pressure				
Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]
Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.005
Failure Mode				
rocscience		Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
rocscience		Analysis Description:		
rocscience		Drawn By:	Company:	
rocscience		Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd	

rocscience		SWEDGE 4.022		Page 3 of 5
Sliding on intersection line (joints 1&2)				
Joint Sets 1&2 line of Intersection				
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]		
43.000	179.680	43.989		
Trace Lengths				
	Slope Face [m]	Upper Face [m]		
Joint 1	137.428	130.378		
Joint 2	30.303	28.693		
Persistence				
Joint 1 [m]	137.428			
Joint 2 [m]	43.9887			
Intersection Angles				
	Slope Face	Upper Face		
Joint 1 & Joint 2	71.556	85.000		
Joint 1 & Crest	12.673	12.600		
Joint 2 & Crest	95.772	82.400		
Dip and Dip Direction				
rocscience		Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
rocscience		Analysis Description:		
rocscience		Drawn By:	Company:	
rocscience		Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_fronte.rev2.swd	

rocscience Page 4 of 5

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	43.000	180.000
Joint Set 2	85.000	265.000
Slope	84.300	167.400
Upper Face	0.000	167.400

Joint Set 1 Data

JRC 10
JCS [MPa] 2.5
Phir [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Joint Set 2 Data

JRC 10
JCS [MPa] 2.5
Phir [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Slope Data

Slope height [m] 30
Rock unit weight [MN/m3] 0.026
Water pressures in the slope NO
Overhanging slope face NO
Externally applied force NO
Tension crack NO

Seismic Data

rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By	Company	
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

rocscience Page 5 of 5

Direction: line of intersection J1&J2 but horizontal
Seismic coefficient: 0.15
Trend [deg]: 179.68
Plunge [deg]: -0

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	130.198	32.171	30.000
234	2.321	3.587	30.000
123	-0.180	32.171	30.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of repose of failed material 38 deg

rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By	Company	
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

11.3 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – PRE INTERVENTO

Swedge Analysis Information	
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Project Summary	
File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd
Project Title	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Date Created	07/06/2022, 09:35:41
Analysis Results	
Analysis type - Combinations	
Number of Combinations	45
Number of Valid Wedges	20
Number of Invalid Wedges	25
Number of Failed Wedges	0
Number of Stable Wedges	20
Current Wedge Data - Min FS Wedge	
	
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Analysis Description	
Drawn By	Company
Date	07/06/2022, 09:35:41
File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd

Safety Factor	1.10663															
Wedge height (on slope) [m]	30															
Bench width (on upper face) [m]	41.5003															
Wedge volume [m3]	26187.9															
Wedge weight [MN]	680.885															
Wedge area (joint1) [m2]	3279															
Wedge area (joint2) [m2]	662.498															
Wedge area (slope) [m2]	1902.49															
Wedge area (upper face) [m2]	2618.79															
Effective Normal and Strength Properties																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Joint 1</th> <th>Joint 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Effective Normal force [MN]</td> <td>514.238</td> <td>20.859</td> </tr> <tr> <td>Effective Normal stress [MPa]</td> <td>0.157</td> <td>0.031</td> </tr> <tr> <td>Shear Strength [MPa]</td> <td>0.146</td> <td>0.037</td> </tr> <tr> <td>Strength due to Waviness [MPa]</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>		Joint 1	Joint 2	Effective Normal force [MN]	514.238	20.859	Effective Normal stress [MPa]	0.157	0.031	Shear Strength [MPa]	0.146	0.037	Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000
	Joint 1	Joint 2														
Effective Normal force [MN]	514.238	20.859														
Effective Normal stress [MPa]	0.157	0.031														
Shear Strength [MPa]	0.146	0.037														
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000														
Driving force [MN]	455.844															
Resisting force [MN]	504.451															
Seismic Force																
Seismic force [MN]	102.133															
Pressure																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Face</th> <th>Trend [deg]</th> <th>Plunge [deg]</th> <th>Mode</th> <th>Pressure [MPa]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Slope Face</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>Passive</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>	Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]	Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.000					
Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]												
Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.000												
Failure Mode																
																
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis															
Analysis Description																
Drawn By	Company															
Date	07/06/2022, 09:35:41															
File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd															

Sliding on intersection line (joints 1 & 2)		
Joint Sets 1&2 line of Intersection		
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	55.189
Trace Lengths		
	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	128.077	119.058
Joint 2	30.199	43.998
Persistence		
Joint 1 [m]	128.077	
Joint 2 [m]	55.1891	
Intersection Angles		
	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	79.665	89.000
Joint 1 & Crest	13.615	20.400
Joint 2 & Crest	86.719	70.600
Dip and Dip Direction		
		
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description:		
Drawn By:		Company:
Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd	

Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000
Joint Set 2	85.000
Slope	84.300
Upper Face	0.000

Joint Set 1 Data	
JRC	10
JCS [MPa]	6.25
Phi _r [deg]	27
Waviness Angle [deg]	0

Joint Set 2 Data	
JRC	10
JCS [MPa]	6.25
Phi _r [deg]	27
Waviness Angle [deg]	0

Slope Data	
Slope height [m]	30
Rock unit weight [MN/m ³]	0.026
Water pressures in the slope	NO
Overhanging slope face	NO
Externally applied force	NO
Tension crack	NO

Seismic Data	
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description:	
Drawn By:	Company:
Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd

Direction: line of intersection J1 & J2 but horizontal			
Seismic coefficient: 0.15			
Trend [deg]: 61.2481			
Plunge [deg]: -0			
Wedge Vertices - Min FS Wedge			
Coordinates in Easting,Northing,Up Format 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope			
Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	24.232	-122.133	30.000
234	-3.299	1.033	30.000
123	-40.612	-22.282	30.000
Spill Width Parameters			
Swelling Factor 1.5			
Angle of repose of failed material 38 deg			
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date 07/06/2022, 09:35:41		File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd	

11.4 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – POST INTERVENTO

Swedge Analysis Information			
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Project Summary			
File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd			
Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Date Created 07/06/2022, 09:35:41			
Analysis Results			
Analysis type - Combinations			
Number of Combinations 45			
Number of Valid Wedges 20			
Number of Invalid Wedges 25			
Number of Failed Wedges 0			
Number of Stable Wedges 20			
Current Wedge Data - Min FS Wedge			
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date 07/06/2022, 09:35:41		File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd	

Safety Factor	1.10698	
Wedge Height (on slope) [m]	30	
Bench width (on upper face) [m]	41.5003	
Wedge volume [m3]	26187.9	
Wedge weight [MN]	680.885	
Wedge area (joint1) [m2]	3279	
Wedge area (joint2) [m2]	662.498	
Wedge area (slope) [m2]	1902.49	
Wedge area (upper face) [m2]	2618.79	
Effective Normal and Strength Properties		
	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	513.944	21.585
Effective Normal stress [MPa]	0.157	0.033
Shear Strength [MPa]	0.146	0.039
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000
Driving force [MN]	455.844	
Resisting force [MN]	504.61	
Seismic Force		
Seismic force [MN]	102.133	
Pressure		
Face	Trend [deg]	Plunge [deg]
Slope Face	0.000	0.000
Mode	Pressure [MPa]	
Passive	0.000	
Failure Mode		
		
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description		
Drawn By	Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name
		GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd

Sliding on intersection line (joints 1 & 2)		
Joint Sets 1&2 line of Intersection		
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	55.189
Trace Lengths		
	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	128.077	119.058
Joint 2	30.199	43.998
Persistence		
Joint 1 [m]	128.077	
Joint 2 [m]	55.1891	
Intersection Angles		
	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	79.665	89.000
Joint 1 & Crest	13.615	20.400
Joint 2 & Crest	86.719	70.600
Dip and Dip Direction		
		
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description		
Drawn By	Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name
		GA02_Favalanciata_imbocco_VDX.swd

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000	57.000
Joint Set 2	85.000	148.000
Slope	84.300	77.400
Upper Face	0.000	77.400

Joint Set 1 Data

JRC: 10
JCS [MPa]: 6.25
Phi_r [deg]: 27
Waviness Angle [deg]: 0

Joint Set 2 Data

JRC: 10
JCS [MPa]: 6.25
Phi_r [deg]: 27
Waviness Angle [deg]: 0

Slope Data

Slope height [m]: 30
Rock unit weight [MN/m³]: 0.026
Water pressures in the slope: NO
Overhanging slope face: NO
Externally applied force: NO
Tension crack: NO

Seismic Data

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By		Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

Direction: line of intersection J1 & J2 but horizontal
Seismic coefficient: 0.15
Trend [deg]: 61.2481
Plunge [deg]: -0

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	24.232	-122.133	30.000
234	-3.299	1.033	30.000
123	-40.612	-22.282	30.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor: 1.5
Angle of repose of failed material: 38 deg

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By		Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

11.5 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – PRE INTERVENTO

Swedge Analysis Information																	
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis																	
Project Summary																	
File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd																
Project Title	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis																
Date Created	07/06/2022, 09:35:41																
Analysis Results																	
Analysis type - Combinations																	
Number of Combinations	45																
Number of Valid Wedges	20																
Number of Invalid Wedges	25																
Number of Failed Wedges	0																
Number of Stable Wedges	20																
Current Wedge Data - Min FS Wedge																	
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Project</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Analysis Description</td> </tr> <tr> <td>Drawn By</td> <td colspan="2"></td> <td>Company</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>07/06/2022, 09:35:41</td> <td>File Name</td> <td>GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd</td> </tr> </table>		Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		Analysis Description				Drawn By			Company	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd
Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis															
Analysis Description																	
Drawn By			Company														
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd														

Safety Factor	1.22949																		
Wedge height (on slope) [m]	15																		
Bench width (on upper face) [m]	20.7502																		
Wedge volume [m3]	3273.48																		
Wedge weight [MN]	85.1105																		
Wedge area (joint1) [m2]	819.75																		
Wedge area (joint2) [m2]	165.624																		
Wedge area (slope) [m2]	475.623																		
Wedge area (upper face) [m2]	654.697																		
Effective Normal and Strength Properties																			
	Joint 1	Joint 2																	
Effective Normal force [MN]	64.280	2.607																	
Effective Normal stress [MPa]	0.078	0.016																	
Shear Strength [MPa]	0.081	0.021																	
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000																	
Driving force [MN]	56.9805																		
Resisting force [MN]	70.0569																		
Seismic Force																			
Seismic force [MN]	12.7666																		
Pressure																			
	Face	Trend [deg]	Plunge [deg]																
	Mode	Pressure [MPa]																	
Slope Face	0.000	0.000	Passive 0.000																
Failure Mode																			
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Project</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Analysis Description</td> </tr> <tr> <td>Drawn By</td> <td colspan="2"></td> <td>Company</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>07/06/2022, 09:35:41</td> <td>File Name</td> <td>GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd</td> </tr> </table>				Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		Analysis Description				Drawn By			Company	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd
Project		SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis																	
Analysis Description																			
Drawn By			Company																
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd																

Sliding on intersection line (joints 1 & 2)		
Joint Sets 1&2 line of Intersection		
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	27.595
Trace Lengths		
	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	64.038	59.529
Joint 2	15.099	21.999
Persistence		
Joint 1 [m]	64.0383	
Joint 2 [m]	27.5946	
Intersection Angles		
	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	79.665	89.000
Joint 1 & Crest	13.615	20.400
Joint 2 & Crest	86.719	70.600
Dip and Dip Direction		
		
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description:		
Drawn By:		Company:
Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd	

Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000
Joint Set 2	85.000
Slope	84.300
Upper Face	0.000

Joint Set 1 Data	
JRC	10
JCS [MPa]	6.25
Phi _r [deg]	27
Waviness Angle [deg]	0

Joint Set 2 Data	
JRC	10
JCS [MPa]	6.25
Phi _r [deg]	27
Waviness Angle [deg]	0

Slope Data	
Slope height [m]	15
Rock unit weight [MN/m ³]	0.026
Water pressures in the slope	NO
Overhanging slope face	NO
Externally applied force	NO
Tension crack	NO

Seismic Data	
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description:	
Drawn By:	Company:
Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd

Direction: line of intersection J1 & J2 but horizontal Seismic coefficient: 0.15 Trend [deg]: 61.2481 Plunge [deg]: -0			
Wedge Vertices - Min FS Wedge			
Coordinates in Easting,Northing,Up Format 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope			
Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	12.116	-61.066	15.000
234	-1.650	0.517	15.000
123	-20.306	-11.141	15.000
Spill Width Parameters			
Swelling Factor 1.5			
Angle of repose of failed material 38 deg			
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date 07/06/2022, 09:35:41		File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd	

11.6 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – POST INTERVENTO

Swedge Analysis Information			
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Project Summary			
File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd			
Project Title SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Date Created 07/06/2022, 09:35:41			
Analysis Results			
Analysis type - Combinations			
Number of Combinations 45			
Number of Valid Wedges 20			
Number of Invalid Wedges 25			
Number of Failed Wedges 0			
Number of Stable Wedges 20			
Current Wedge Data - Min FS Wedge			
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Analysis Description			
Drawn By		Company	
Date 07/06/2022, 09:35:41		File Name GA02_Favalanciata_imbocco_VSX.swd	

Safety Factor	1.23049
Wedge Height (on slope) [m]	15
Bench width (on upper face) [m]	20.7502
Wedge volume [m3]	3273.48
Wedge weight [MN]	85.1106
Wedge area (joint1) [m2]	819.75
Wedge area (joint2) [m2]	165.624
Wedge area (slope) [m2]	475.623
Wedge area (upper face) [m2]	654.697

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	64.199	2.805
Effective Normal stress [MPa]	0.078	0.017
Shear Strength [MPa]	0.081	0.022
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000

Driving force [MN] 56.9805
Resisting force [MN] 70.1141

Seismic Force

Seismic force [MN] 12.7666

Pressure

Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]
Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.000

Failure Mode

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
	Analysis Description			
	Drawn By			Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favallanciata_imbocco_VSX.swd
	SWEDGE 6.0.21			

Sliding on intersection line (joints 1 & 2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	27.595

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	64.038	59.529
Joint 2	15.099	21.999

Persistence

Joint 1 [m] 64.0383
Joint 2 [m] 27.5946

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	79.665	89.000
Joint 1 & Crest	13.615	20.400
Joint 2 & Crest	86.719	70.600

Dip and Dip Direction

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
	Analysis Description			
	Drawn By			Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA02_Favallanciata_imbocco_VSX.swd
	SWEDGE 6.0.21			

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000	57.000
Joint Set 2	85.000	148.000
Slope	84.300	77.400
Upper Face	0.000	77.400

Joint Set 1 Data

JRC 10
JCS [MPa] 6.25
Phi_r [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Joint Set 2 Data

JRC 10
JCS [MPa] 6.25
Phi_r [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0

Slope Data

Slope height [m] 15
Rock unit weight [MN/m³] 0.026
Water pressures in the slope NO
Overhanging slope face NO
Externally applied force NO
Tension crack NO

Seismic Data

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By	Company	
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

Direction: line of intersection J1 & J2 but horizontal
Seismic coefficient: 0.15
Trend [deg]: 61.2481
Plunge [deg]: -0

Wedge Vertices - Min FS Wedge

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	East	North	Up
124	0.000	0.000	0.000
134	12.116	-61.066	15.000
234	-1.650	0.517	15.000
123	-20.306	-11.141	15.000

Spill Width Parameters

Swelling Factor 1.5
Angle of repose of failed material 38 deg

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
	Analysis Description		
	Drawn By	Company	
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name

11.7 STAP

Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a γ_R .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adatterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
α	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
ϕ	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
γ	peso di volume del terreno
U	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sfuerzo normale alla base della striscia
T	sfuerzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
ΔX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
ΔE	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

Metodo di Bishop

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Bishop semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \phi_i \operatorname{tg} \alpha_i}{F} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Bishop semplificato** contiene al secondo membro il termine m che è funzione di F . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

criterio di rottura di HOEK-BROWN

Di seguito troveremo le relazioni esistenti tra GSI, m_b , s , D , σ_{ci} ed a . Tali relazioni vengono legate ai parametri del criterio di rottura di Mohor-Coulomb tramite le seguenti espressioni:

σ_{ci}	resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
m_i	Coefficiente materiale roccia intatta;
GSI	Qualità ammasso roccioso;

D Fattore di disturbo ammasso roccioso
γ Peso dell'unità di volume della roccia

$$m_b = m_i \exp[(GSI-100)/28-14 D]$$

$$s = \exp[(GSI-100)/(9-3 D)]$$

$$a = 1/2 + 1/6[\exp(-GSI/15) - \exp(-20/3)]$$

Critério di Hoek-Brown non-lineare

Riportiamo di seguito le espressioni di angolo di attrito e coesione istantanei dell'ammasso roccioso (valori di ϕ_i e c_i nel punto di tangenza sulla retta di involuppo curvilineo di Hoek-Brown).

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a$$

$$\sigma_n = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2 - (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 [(d\sigma_1 / d\sigma_3 - 1) / (d\sigma_1 / d\sigma_3 + 1)]$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) \sqrt{d\sigma_1 / d\sigma_3} / (d\sigma_1 / d\sigma_3 + 1)$$

$$(d\sigma_1 / d\sigma_3) = 1 + a m_b [m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s]^{a-1}$$

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	F	19,00	19,00	35,00	0,0
2	B	20,00	20,00	35,00	5,0

Descrizione rocce

Simbologia adottata

Nr.	Indice roccia
Descrizione	Descrizione
GSI	Qualità ammasso roccioso (Geological Strength Index)
m_i	Coefficiente materiale roccia intatta
σ_{ci}	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta espressa in kPa
D	Fattore di disturbo ammasso roccioso

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	GSI	m_i	σ_{ci} [kPa]	D
3	U2	26,00	26,00	58,00	10,00	40000	0,00
4	mp	26,50	26,50	48,00	6,00	10000	0,00
5	mc	25,00	25,00	20,00	6,00	5000	0,00

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	234,70
2	4,60	233,00
3	5,80	233,00
4	9,20	230,10
5	10,40	229,80
6	11,70	228,90
7	14,60	228,90
8	20,10	228,50
9	22,50	227,70
10	22,50	227,20
11	24,10	227,20
12	27,70	226,10
13	32,10	225,10
14	38,40	223,40
15	39,30	223,10
16	41,70	222,10
17	42,90	221,30
18	48,00	217,10
19	51,30	215,00
20	57,60	211,00
21	60,00	208,30
22	70,70	202,10
23	72,50	200,40
24	77,80	197,30
25	89,10	184,90
26	97,30	180,00
27	97,90	174,10

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

n°	X [m]	Y [m]
28	99,90	174,10
29	101,20	161,10
30	113,60	161,10
31	114,00	157,20
32	122,00	157,20
33	122,20	159,60
34	123,20	159,20
35	125,00	158,00
36	127,20	154,00
37	129,30	153,10
38	134,20	152,00
39	138,90	152,00
40	144,90	151,00
41	145,80	150,00
42	153,50	150,00
43	154,40	150,50
44	155,70	151,50
45	157,40	152,90
46	158,80	153,90
47	159,60	154,20
48	161,00	155,20
49	162,40	155,90
50	162,45	155,92
51	164,60	156,70
52	167,80	158,30
53	171,00	159,60
54	173,60	161,10
55	174,00	157,50
56	182,00	157,50
57	182,50	161,60
58	198,80	161,60
59	200,10	174,60
60	202,10	174,60
61	202,90	182,70
62	209,00	187,10
63	212,90	193,70
64	214,40	195,90
65	217,00	197,50
66	218,10	200,20
67	222,30	201,90
68	224,80	200,90
69	225,80	202,60
70	229,10	203,00
71	229,80	203,80
72	231,00	204,30
73	233,00	203,50
74	237,60	204,10
75	245,00	208,00
76	256,60	211,20
77	265,40	214,60
78	278,30	223,70
79	293,00	236,70
80	296,10	241,80
81	300,00	244,20

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 5 (mc)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	99,40
2	0,00	0,00
3	300,00	0,00
4	300,00	51,00
5	300,00	66,50
6	184,40	83,70
7	77,70	102,00
8	0,00	118,30

Strato N° 2 costituito da terreno n° 2 (B)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

n°	X [m]	Y [m]
1	122,00	157,20
2	124,60	149,60
3	128,80	146,70
4	142,30	144,20
5	152,30	146,30
6	155,30	148,20
7	162,45	155,92
8	162,40	155,90
9	161,00	155,20
10	159,60	154,20
11	158,80	153,90
12	157,40	152,90
13	155,70	151,50
14	154,40	150,50
15	153,50	150,00
16	145,80	150,00
17	144,90	151,00
18	138,90	152,00
19	134,20	152,00
20	129,30	153,10
21	127,20	154,00
22	125,00	158,00
23	123,20	159,20
24	122,20	159,60

Strato N° 3 costituito da terreno n° 1 (F)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	228,30
2	5,50	226,00
3	27,70	222,50
4	48,00	217,10
5	42,90	221,30
6	41,70	222,10
7	39,30	223,10
8	38,40	223,40
9	32,10	225,10
10	27,70	226,10
11	24,10	227,20
12	22,50	227,20
13	22,50	227,70
14	20,10	228,50
15	14,60	228,90
16	11,70	228,90
17	10,40	229,80
18	9,20	230,10
19	5,80	233,00
20	4,60	233,00
21	0,00	234,70

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (B)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	215,30
2	27,70	206,00
3	55,70	196,80
4	70,20	189,80
5	77,70	187,10
6	97,30	180,00
7	89,10	184,90
8	77,80	197,30
9	72,50	200,40
10	70,70	202,10
11	60,00	208,30
12	57,60	211,00
13	51,30	215,00
14	48,00	217,10
15	27,70	222,50
16	5,50	226,00
17	0,00	228,30

Strato N° 5 costituito da terreno n° 3 (U2)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	140,90
2	77,60	126,00
3	154,40	112,80
4	300,00	90,30
5	300,00	244,20
6	296,10	241,80
7	293,00	236,70
8	278,30	223,70
9	265,40	214,60
10	256,60	211,20
11	245,00	208,00
12	237,60	204,10
13	233,00	203,50
14	231,00	204,30
15	229,80	203,80
16	229,10	203,00
17	225,80	202,60
18	224,80	200,90
19	222,30	201,90
20	218,10	200,20
21	217,00	197,50
22	214,40	195,90
23	212,90	193,70
24	209,00	187,10
25	202,90	182,70
26	202,10	174,60
27	200,10	174,60
28	198,80	161,60
29	182,50	161,60
30	182,00	157,50
31	174,00	157,50
32	173,60	161,10
33	171,00	159,60
34	167,80	158,30
35	164,60	156,70
36	162,45	155,92
37	155,30	148,20
38	152,30	146,30
39	142,30	144,20
40	128,80	146,70
41	124,60	149,60
42	122,00	157,20
43	114,00	157,20
44	113,60	161,10
45	101,20	161,10
46	99,90	174,10
47	97,90	174,10
48	97,30	180,00
49	77,70	187,10
50	70,20	189,80
51	55,70	196,80
52	27,70	206,00
53	0,00	215,30

Strato N° 6 costituito da terreno n° 4 (mp)

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	118,30
2	77,70	102,00
3	184,40	83,70
4	300,00	66,50
5	300,00	90,30
6	154,40	112,80
7	77,60	126,00
8	0,00	140,90

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 16

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	198,80	m
Posizione sul cordolo	161,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	198,95	m
Posizione sul cordolo	163,10	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,10	m
Posizione sul cordolo	164,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,25	m
Posizione sul cordolo	166,10	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,40	m
Posizione sul cordolo	167,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,55	m
Posizione sul cordolo	169,10	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,70	m
Posizione sul cordolo	170,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	199,85	m
Posizione sul cordolo	172,10	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

PROGETTO DEFINITIVO

Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciana imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

Ascissa sul profilo	200,00	m
Posizione sul cordolo	173,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	200,15	m
Posizione sul cordolo	174,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,10	m
Posizione sul cordolo	174,60	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,25	m
Posizione sul cordolo	176,12	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,40	m
---------------------	--------	---

PROGETTO DEFINITIVO

Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

Posizione sul cordolo	177,64	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,55	m
Posizione sul cordolo	179,16	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,70	m
Posizione sul cordolo	180,67	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	202,85	m
Posizione sul cordolo	182,19	m
Altezza cordolo	0,10	m
Larghezza cordolo	0,10	m
Lunghezza totale tiranti	6,00	m
Lunghezza fondazione tiranti	1,05	m
Inclinazione tiranti	15,000	
Interasse tiranti	1,50	m
Diametro tiranti	0,0240	m
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	30000	kPa
Resistenza trazione (per tirante)	10,00	kN
Resistenza taglio (per tirante)	88,00	kN

Dati zona sismica

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_0	[m/s ²]		2.864	0.000
Accelerazione al suolo	a_{0g}	[%]		0.292	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.430	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.354	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.116	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	β_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

Fronti di scavo

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_{0g}/g * \beta_s * St * S)$	14.86	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	7.43	0.00

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

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

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 175,00$	$Y_0 = 250,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi		$N_x = 10$	$N_y = 10$
Raggio	[m]	$R = 50,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=4,00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 50

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Criterio di rottura adottato: **Hoek-Brown non lineare**

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	195,00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	205,00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	825
Coefficiente di sicurezza minimo	4.094
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
BISHOP	825	4.094	1	10.565	825

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
N° numero d'ordine della superficie cerchio
F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)
C_x ascissa x del centro [m]
C_y ordinata y del centro [m]
R raggio del cerchio espresso in m
x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m
x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m
V volume interessato dalla superficie espresso [mc]
FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: GLE)
Caso caso di calcolo
Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)
La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	183,00	264,00	118,00	152,54	299,25	4153,87	4,094 (B)	[A2M2]	[SLV] H -V
519	C	183,00	264,00	118,00	152,54	299,25	4153,87	5,319 (B)	[A2M2]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Le strisce sono numerate da valle verso monte
N° numero d'ordine della striscia
X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m
Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m
Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m
X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m
Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa
L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa
W peso della striscia espresso in kN
Q carico applicato sulla striscia espresso in kN
N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN
T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN
U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN
E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
ID Indice della superficie interessata dall'intervento
m_b parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
s parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
a parametro del legame non-lineare di Hoek-Brown
σ_{ci} resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta kPa

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	170	
Coordinate del centro	X[m]= 183,00	Y[m]= 264,00
Raggio del cerchio	R[m]= 118,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 152,54	Y _v [m]= 150,00
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 299,25	Y _m [m]= 243,74

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	152,54	150,00	150,00	153,50	150,00	149,75	153,18	149,92	1,00	-14,72	35,00	5,0
2	153,50	150,00	149,75	154,40	150,50	149,52	154,04	149,95	0,93	-14,25	35,00	5,0
3	154,40	150,50	149,52	155,30	151,19	149,30	154,90	150,14	0,93	-13,80	35,00	5,0
4	155,30	151,19	149,30	155,70	151,50	149,20	155,51	150,30	0,41	-13,48	35,00	5,0
5	155,70	151,50	149,20	156,13	151,86	149,10	155,92	150,42	0,44	-13,27	35,00	5,0
6	156,13	151,86	149,10	156,55	152,20	149,00	156,35	150,54	0,43	-13,06	61,77	497,0
7	156,55	152,20	149,00	157,40	152,90	148,81	156,99	150,73	0,87	-12,74	61,29	501,3
8	157,40	152,90	148,81	158,10	153,40	148,66	157,76	150,94	0,72	-12,36	60,81	506,2
9	158,10	153,40	148,66	158,80	153,90	148,51	158,46	151,12	0,72	-12,01	60,35	511,5
10	158,80	153,90	148,51	159,60	154,20	148,34	159,21	151,24	0,82	-11,64	59,95	516,5
11	159,60	154,20	148,34	160,30	154,70	148,20	159,96	151,36	0,71	-11,26	59,64	520,8
12	160,30	154,70	148,20	161,00	155,20	148,07	160,66	151,54	0,71	-10,92	59,28	526,1
13	161,00	155,20	148,07	161,70	155,55	147,94	161,35	151,69	0,71	-10,57	58,97	530,8
14	161,70	155,55	147,94	162,40	155,90	147,81	162,05	151,80	0,71	-10,23	58,70	535,2
15	162,40	155,90	147,81	163,13	156,17	147,68	162,77	151,89	0,74	-9,87	58,48	539,1
16	163,13	156,17	147,68	163,87	156,43	147,56	163,50	151,96	0,74	-9,51	58,34	541,5
17	163,87	156,43	147,56	164,60	156,70	147,44	164,24	152,03	0,74	-9,15	58,17	544,7
18	164,60	156,70	147,44	165,40	157,10	147,32	165,00	152,14	0,81	-8,77	57,96	548,7
19	165,40	157,10	147,32	166,20	157,50	147,20	165,80	152,28	0,81	-8,38	57,78	552,1
20	166,20	157,50	147,20	167,00	157,90	147,09	166,60	152,42	0,81	-7,99	57,58	555,9
21	167,00	157,90	147,09	167,80	158,30	146,98	167,40	152,57	0,81	-7,60	57,39	559,9
22	167,80	158,30	146,98	168,60	158,63	146,88	168,20	152,70	0,81	-7,21	57,23	563,3
23	168,60	158,63	146,88	169,40	158,95	146,79	169,00	152,81	0,81	-6,81	57,08	566,5
24	169,40	158,95	146,79	170,20	159,28	146,70	169,80	152,93	0,81	-6,42	56,93	569,7
25	170,20	159,28	146,70	171,00	159,60	146,61	170,60	153,05	0,80	-6,03	56,82	572,2
26	171,00	159,60	146,61	171,87	160,10	146,53	171,44	153,21	0,87	-5,63	56,64	576,3
27	171,87	160,10	146,53	172,73	160,60	146,45	172,30	153,42	0,87	-5,20	56,46	580,6
28	172,73	160,60	146,45	173,60	161,10	146,38	173,17	153,63	0,87	-4,78	56,25	585,6
29	173,60	161,10	146,38	174,00	157,50	146,34	173,79	152,87	0,40	-4,47	56,85	571,5
30	174,00	157,50	146,34	174,89	157,50	146,28	174,44	151,91	0,89	-4,16	57,58	555,9
31	174,89	157,50	146,28	175,78	157,50	146,22	175,33	151,88	0,89	-3,73	57,58	555,9
32	175,78	157,50	146,22	176,67	157,50	146,17	176,22	151,85	0,89	-3,29	57,58	555,9
33	176,67	157,50	146,17	177,56	157,50	146,13	177,11	151,82	0,89	-2,86	57,58	555,9
34	177,56	157,50	146,13	178,44	157,50	146,09	178,00	151,80	0,89	-2,43	57,63	555,0
35	178,44	157,50	146,09	179,33	157,50	146,06	178,89	151,79	0,89	-2,00	57,63	555,0
36	179,33	157,50	146,06	180,22	157,50	146,03	179,78	151,77	0,89	-1,56	57,65	554,6
37	180,22	157,50	146,03	181,11	157,50	146,02	180,67	151,76	0,89	-1,13	57,67	554,2
38	181,11	157,50	146,02	182,00	157,50	146,00	181,56	151,75	0,89	-0,70	57,71	553,5
39	182,00	157,50	146,00	182,50	161,60	146,00	182,26	152,83	0,50	-0,36	56,89	570,7
40	182,50	161,60	146,00	183,45	161,60	146,00	182,98	153,80	0,95	-0,01	56,18	587,2
41	183,45	161,60	146,00	184,40	161,60	146,01	183,92	153,80	0,95	0,45	56,20	586,7
42	184,40	161,60	146,01	185,36	161,60	146,02	184,88	153,81	0,96	0,91	56,25	585,6
43	185,36	161,60	146,02	186,32	161,60	146,05	185,84	153,82	0,96	1,38	56,29	584,7
44	186,32	161,60	146,05	187,28	161,60	146,08	186,80	153,83	0,96	1,85	56,32	584,0
45	187,28	161,60	146,08	188,24	161,60	146,12	187,76	153,85	0,96	2,31	56,35	583,1
46	188,24	161,60	146,12	189,20	161,60	146,16	188,72	153,87	0,96	2,78	56,41	581,7
47	189,20	161,60	146,16	190,16	161,60	146,22	189,68	153,90	0,96	3,25	56,46	580,6
48	190,16	161,60	146,22	191,12	161,60	146,28	190,64	153,92	0,96	3,71	56,50	579,7
49	191,12	161,60	146,28	192,08	161,60	146,35	191,60	153,96	0,96	4,18	56,56	578,1
50	192,08	161,60	146,35	193,04	161,60	146,43	192,56	153,99	0,96	4,65	56,62	576,7
51	193,04	161,60	146,43	194,00	161,60	146,51	193,52	154,04	0,96	5,11	56,67	575,6
52	194,00	161,60	146,51	194,96	161,60	146,61	194,48	154,08	0,96	5,58	56,74	574,0
53	194,96	161,60	146,61	195,92	161,60	146,71	195,44	154,13	0,97	6,05	56,78	573,1
54	195,92	161,60	146,71	196,88	161,60	146,82	196,40	154,18	0,97	6,52	56,89	570,7
55	196,88	161,60	146,82	197,84	161,60	146,94	197,36	154,24	0,97	6,99	56,95	569,3
56	197,84	161,60	146,94	198,80	161,60	147,06	198,32	154,30	0,97	7,46	57,00	568,2
57	198,80	161,60	147,06	199,45	168,10	147,15	199,14	156,08	0,66	7,85	55,95	593,1
58	199,45	168,10	147,15	200,10	174,60	147,25	199,79	159,35	0,66	8,17	54,08	646,0
59	200,10	174,60	147,25	200,77	174,60	147,35	200,43	160,95	0,67	8,50	53,32	671,1
60	200,77	174,60	147,35	201,43	174,60	147,45	201,10	161,00	0,67	8,82	53,35	670,2
61	201,43	174,60	147,45	202,10	174,60	147,56	201,77	161,05	0,68	9,15	53,39	668,6
62	202,10	174,60	147,56	202,90	182,70	147,69	202,52	163,22	0,81	9,51	52,49	701,0
63	202,90	182,70	147,69	203,77	183,33	147,84	203,34	165,39	0,88	9,92	51,61	735,5
64	203,77	183,33	147,84	204,64	183,96	148,00	204,21	165,78	0,89	10,35	51,55	738,0
65	204,64	183,96	148,00	205,51	184,59	148,17	205,08	166,18	0,89	10,78	51,47	741,1
66	205,51	184,59	148,17	206,39	185,21	148,34	205,95	166,58	0,89	11,22	51,40	743,9

N°	Xs [m]	Yss [m]	Ysi [m]	Xd [m]	Yds [m]	Ydi [m]	Xg [m]	Yg [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
67	206,39	185,21	148,34	207,26	185,84	148,52	206,82	166,98	0,89	11,65	51,33	746,8
68	207,26	185,84	148,52	208,13	186,47	148,71	207,69	167,39	0,89	12,08	51,28	749,3
69	208,13	186,47	148,71	209,00	187,10	148,90	208,57	167,79	0,89	12,51	51,22	751,7
70	209,00	187,10	148,90	209,98	188,75	149,12	209,49	168,47	1,00	12,97	51,07	758,1
71	209,98	188,75	149,12	210,95	190,40	149,36	210,47	169,41	1,00	13,46	50,83	768,7
72	210,95	190,40	149,36	211,93	192,05	149,60	211,44	170,35	1,00	13,95	50,59	779,2
73	211,93	192,05	149,60	212,90	193,70	149,85	212,42	171,30	1,01	14,43	50,38	788,8
74	212,90	193,70	149,85	213,65	194,80	150,05	213,28	172,10	0,78	14,87	50,20	797,1
75	213,65	194,80	150,05	214,40	195,90	150,25	214,03	172,75	0,78	15,24	50,07	803,2
76	214,40	195,90	150,25	215,27	196,43	150,50	214,83	173,27	0,90	15,65	49,99	807,1
77	215,27	196,43	150,50	216,13	196,97	150,75	215,70	173,66	0,90	16,09	49,97	807,9
78	216,13	196,97	150,75	217,00	197,50	151,00	216,57	174,05	0,90	16,53	49,95	809,0
79	217,00	197,50	151,00	217,55	198,85	151,17	217,28	174,63	0,57	16,89	49,84	814,2
80	217,55	198,85	151,17	218,10	200,20	151,34	217,83	175,39	0,58	17,17	49,68	822,2
81	218,10	200,20	151,34	218,94	200,54	151,61	218,52	175,92	0,88	17,52	49,59	826,9
82	218,94	200,54	151,61	219,78	200,88	151,88	219,36	176,23	0,88	17,95	49,60	826,0
83	219,78	200,88	151,88	220,62	201,22	152,16	220,20	176,53	0,89	18,38	49,63	824,5
84	220,62	201,22	152,16	221,46	201,56	152,44	221,04	176,85	0,89	18,81	49,63	824,5
85	221,46	201,56	152,44	222,30	201,90	152,74	221,88	177,16	0,89	19,24	49,65	823,6
86	222,30	201,90	152,74	223,13	201,57	153,03	222,72	177,31	0,88	19,67	49,73	819,8
87	223,13	201,57	153,03	223,97	201,23	153,34	223,55	177,29	0,89	20,10	49,86	813,4
88	223,97	201,23	153,34	224,80	200,90	153,65	224,38	177,28	0,89	20,53	49,99	807,1
89	224,80	200,90	153,65	225,30	201,75	153,84	225,05	177,54	0,54	20,88	50,02	805,6
90	225,30	201,75	153,84	225,80	202,60	154,04	225,55	178,06	0,54	21,14	49,92	810,3
91	225,80	202,60	154,04	226,63	202,70	154,36	226,21	178,42	0,89	21,48	49,91	811,1
92	226,63	202,70	154,36	227,45	202,80	154,69	227,04	178,64	0,89	21,91	49,97	807,9
93	227,45	202,80	154,69	228,28	202,90	155,03	227,86	178,86	0,89	22,35	50,04	804,7
94	228,28	202,90	155,03	229,10	203,00	155,38	228,69	179,08	0,89	22,78	50,10	801,8
95	229,10	203,00	155,38	229,80	203,80	155,68	229,45	179,46	0,76	23,18	50,11	801,5
96	229,80	203,80	155,68	230,40	204,05	155,94	230,10	179,87	0,65	23,53	50,09	802,3
97	230,40	204,05	155,94	231,00	204,30	156,20	230,70	180,12	0,66	23,84	50,12	800,8
98	231,00	204,30	156,20	231,67	204,03	156,50	231,33	180,26	0,73	24,18	50,17	798,4
99	231,67	204,03	156,50	232,33	203,77	156,81	232,00	180,28	0,73	24,54	50,30	792,7
100	232,33	203,77	156,81	233,00	203,50	157,12	232,67	180,30	0,73	24,89	50,42	787,1
101	233,00	203,50	157,12	233,92	203,62	157,55	233,46	180,45	1,02	25,32	50,52	782,4
102	233,92	203,62	157,55	234,84	203,74	158,00	234,38	180,73	1,02	25,81	50,61	778,3
103	234,84	203,74	158,00	235,76	203,86	158,45	235,30	181,01	1,03	26,31	50,70	774,4
104	235,76	203,86	158,45	236,68	203,98	158,92	236,22	181,30	1,03	26,81	50,79	770,4
105	236,68	203,98	158,92	237,60	204,10	159,39	237,14	181,60	1,04	27,31	50,88	766,3
106	237,60	204,10	159,39	238,53	204,59	159,88	238,06	181,99	1,05	27,82	50,95	763,4
107	238,53	204,59	159,88	239,45	205,08	160,38	238,99	182,48	1,05	28,33	50,97	762,3
108	239,45	205,08	160,38	240,38	205,56	160,89	239,91	182,98	1,06	28,84	51,03	759,9
109	240,38	205,56	160,89	241,30	206,05	161,41	240,84	183,48	1,06	29,35	51,06	758,5
110	241,30	206,05	161,41	242,23	206,54	161,94	241,76	183,98	1,07	29,87	51,11	756,6
111	242,23	206,54	161,94	243,15	207,03	162,48	242,69	184,50	1,07	30,39	51,14	755,0
112	243,15	207,03	162,48	244,08	207,51	163,04	243,61	185,01	1,08	30,91	51,20	752,6
113	244,08	207,51	163,04	245,00	208,00	163,60	244,54	185,54	1,08	31,43	51,26	750,2
114	245,00	208,00	163,60	245,97	208,27	164,20	245,48	186,02	1,14	31,97	51,31	747,7
115	245,97	208,27	164,20	246,93	208,53	164,82	246,45	186,46	1,15	32,53	51,43	742,9
116	246,93	208,53	164,82	247,90	208,80	165,45	247,42	186,90	1,15	33,09	51,53	738,8
117	247,90	208,80	165,45	248,87	209,07	166,09	248,38	187,35	1,16	33,65	51,63	734,6
118	248,87	209,07	166,09	249,83	209,33	166,75	249,35	187,81	1,17	34,21	51,75	729,7
119	249,83	209,33	166,75	250,80	209,60	167,42	250,32	188,28	1,18	34,78	51,85	725,7
120	250,80	209,60	167,42	251,77	209,87	168,11	251,28	188,75	1,19	35,36	51,97	720,8
121	251,77	209,87	168,11	252,73	210,13	168,81	252,25	189,23	1,19	35,94	52,10	715,8
122	252,73	210,13	168,81	253,70	210,40	169,53	253,22	189,72	1,20	36,52	52,23	710,9
123	253,70	210,40	169,53	254,67	210,67	170,26	254,18	190,21	1,21	37,10	52,36	706,0
124	254,67	210,67	170,26	255,63	210,93	171,00	255,15	190,71	1,22	37,69	52,49	701,0
125	255,63	210,93	171,00	256,60	211,20	171,77	256,12	191,23	1,23	38,29	52,65	695,1
126	256,60	211,20	171,77	257,58	211,58	172,56	257,09	191,77	1,26	38,89	52,78	690,1
127	257,58	211,58	172,56	258,56	211,96	173,36	258,07	192,36	1,27	39,51	52,92	685,1
128	258,56	211,96	173,36	259,53	212,33	174,19	259,04	192,96	1,28	40,12	53,03	681,1
129	259,53	212,33	174,19	260,51	212,71	175,03	260,02	193,56	1,29	40,75	53,20	675,2
130	260,51	212,71	175,03	261,49	213,09	175,89	261,00	194,18	1,30	41,38	53,35	670,2
131	261,49	213,09	175,89	262,47	213,47	176,77	261,98	194,80	1,32	42,01	53,50	665,1
132	262,47	213,47	176,77	263,44	213,84	177,67	262,95	195,44	1,33	42,66	53,66	659,7
133	263,44	213,84	177,67	264,42	214,22	178,59	263,93	196,08	1,34	43,31	53,85	653,5
134	264,42	214,22	178,59	265,40	214,60	179,54	264,91	196,74	1,36	43,96	54,00	648,5
135	265,40	214,60	179,54	266,39	215,00	180,52	265,90	197,49	1,39	44,63	54,16	643,5
136	266,39	215,00	180,52	267,38	216,00	181,52	266,89	198,33	1,41	45,31	54,29	639,5
137	267,38	216,00	181,52	268,38	216,70	182,55	267,88	199,19	1,43	46,00	54,41	635,9
138	268,38	216,70	182,55	269,37	217,40	183,60	268,87	200,06	1,45	46,70	54,57	630,9
139	269,37	217,40	183,60	270,36	218,10	184,68	269,86	200,94	1,47	47,41	54,72	626,7
140	270,36	218,10	184,68	271,35	218,80	185,78	270,86	201,84	1,49	48,12	54,88	621,9
141	271,35	218,80	185,78	272,35	219,50	186,92	271,85	202,75	1,51	48,85	55,04	617,3
142	272,35	219,50	186,92	273,34	220,20	188,09	272,84	203,68	1,53	49,59	55,22	612,3
143	273,34	220,20	188,09	274,33	220,90	189,28	273,83	204,62	1,55	50,34	55,42	606,8
144	274,33	220,90	189,28	275,32	221,60	190,51	274,83	205,57	1,58	51,10	55,62	601,4
145	275,32	221,60	190,51	276,32	222,30	191,78	275,82	206,55	1,61	51,87	55,85	595,6
146	276,32	222,30	191,78	277,31	223,00	193,08	276,81	207,54	1,64	52,66	56,08	589,7
147	277,31	223,00	193,08	278,30	223,70	194,42	277,80	208,55	1,67	53,46	56,32	584,0
148	278,30	223,70	194,42	279,28	224,57	195,78	278,79	209,61	1,68	54,27	56,56	578,1
149	279,28	224,57	195,78	280,26	225,43	197,18	279,77	210,74	1,71	55,10	56,78	573,1

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
150	280,26	225,43	197,18	281,24	226,30	198,63	280,75	211,89	1,75	55,94	57,04	567,3
151	281,24	226,30	198,63	282,22	227,17	200,13	281,73	213,06	1,79	56,80	57,31	561,5
152	282,22	227,17	200,13	283,20	228,03	201,68	282,71	214,25	1,83	57,67	57,58	555,9
153	283,20	228,03	201,68	284,18	228,90	203,28	283,69	215,47	1,88	58,58	57,92	549,3
154	284,18	228,90	203,28	285,16	229,77	204,95	284,67	216,72	1,93	59,50	58,26	543,0
155	285,16	229,77	204,95	286,14	230,63	206,68	285,65	218,00	1,99	60,45	58,61	536,8
156	286,14	230,63	206,68	287,12	231,50	208,48	286,63	219,32	2,05	61,43	59,04	529,8
157	287,12	231,50	208,48	288,10	232,37	210,35	287,61	220,67	2,12	62,44	59,48	523,0
158	288,10	232,37	210,35	289,08	233,23	212,32	288,59	222,06	2,20	63,49	60,01	515,7
159	289,08	233,23	212,32	290,06	234,10	214,38	289,57	223,50	2,28	64,58	60,55	509,0
160	290,06	234,10	214,38	291,04	234,97	216,55	290,54	224,99	2,38	65,71	61,18	502,3
161	291,04	234,97	216,55	292,02	235,83	218,85	291,52	226,54	2,50	66,90	61,85	496,4
162	292,02	235,83	218,85	293,00	236,70	221,29	292,50	228,16	2,63	68,14	62,64	490,9
163	293,00	236,70	221,29	293,78	237,97	223,34	293,38	229,82	2,19	69,31	63,36	487,4
164	293,78	237,97	223,34	294,55	239,25	225,52	294,16	231,51	2,31	70,41	63,89	485,7
165	294,55	239,25	225,52	295,33	240,53	227,85	294,93	233,27	2,45	71,56	64,62	484,6
166	295,33	240,53	227,85	296,10	241,80	230,35	295,71	235,11	2,62	72,79	65,40	485,1
167	296,10	241,80	230,35	296,89	242,28	233,12	296,48	236,86	2,88	74,13	66,49	488,5
168	296,89	242,28	233,12	297,67	242,77	236,18	297,26	238,54	3,16	75,60	68,13	500,2
169	297,67	242,77	236,18	298,46	243,25	239,65	298,03	240,37	3,56	77,23	70,08	524,7
170	298,46	243,25	239,65	299,25	243,74	243,74	298,72	242,21	4,16	79,10	72,66	578,4

Metodo di **BISHOP**

Coefficiente di sicurezza F_s= 4.094

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	2,44	0,00	3,17	1,76	0,00	0,00	2,14	0,00	0,00	
2	11,11	0,00	13,18	3,39	0,00	0,00	7,02	0,00	0,00	
3	25,89	0,00	30,19	6,30	0,00	0,00	16,49	0,00	0,00	
4	16,77	0,00	19,45	3,83	0,00	0,00	22,25	0,00	0,00	
5	21,89	0,00	25,31	4,87	0,00	0,00	22,25	0,00	0,00	
6	25,52	0,00	44,93	72,42	0,00	0,00	29,55	106,46	0,00	0,00
7	67,56	0,00	109,59	155,59	0,00	0,00	106,46	272,35	0,00	0,00
8	70,70	0,00	107,45	135,59	0,00	0,00	272,35	417,29	0,00	0,00
9	83,62	0,00	122,00	141,77	0,00	0,00	417,29	568,91	0,00	0,00
10	109,11	0,00	154,32	168,22	0,00	0,00	568,91	748,59	0,00	0,00
11	107,24	0,00	147,84	152,45	0,00	0,00	748,59	911,05	0,00	0,00
12	119,92	0,00	161,69	158,08	0,00	0,00	911,05	1079,07	0,00	0,00
13	131,46	0,00	174,09	163,04	0,00	0,00	1079,07	1251,75	0,00	0,00
14	141,87	0,00	185,07	167,37	0,00	0,00	1251,75	1428,24	0,00	0,00
15	157,96	0,00	203,42	179,05	0,00	0,00	1428,24	1616,04	0,00	0,00
16	165,44	0,00	210,68	181,83	0,00	0,00	1616,04	1805,60	0,00	0,00
17	172,82	0,00	217,78	184,53	0,00	0,00	1805,60	1996,74	0,00	0,00
18	197,98	0,00	246,82	204,82	0,00	0,00	1996,74	2207,39	0,00	0,00
19	208,81	0,00	257,52	208,87	0,00	0,00	2207,39	2420,53	0,00	0,00
20	219,52	0,00	268,01	212,81	0,00	0,00	2420,53	2635,91	0,00	0,00
21	230,12	0,00	278,31	216,65	0,00	0,00	2635,91	2853,26	0,00	0,00
22	239,82	0,00	287,51	220,06	0,00	0,00	2853,26	3072,00	0,00	0,00
23	248,63	0,00	295,65	223,05	0,00	0,00	3072,00	3291,61	0,00	0,00
24	257,32	0,00	303,62	225,96	0,00	0,00	3291,61	3511,87	0,00	0,00
25	265,90	0,00	311,42	228,79	0,00	0,00	3511,87	3732,61	0,00	0,00
26	299,26	0,00	347,84	251,67	0,00	0,00	3732,61	3972,69	0,00	0,00
27	312,38	0,00	360,31	256,19	0,00	0,00	3972,69	4214,08	0,00	0,00
28	325,35	0,00	372,54	260,60	0,00	0,00	4214,08	4456,47	0,00	0,00
29	134,58	0,00	153,91	113,58	0,00	0,00	4456,47	4561,71	0,00	0,00
30	258,58	0,00	295,59	234,75	0,00	0,00	4561,71	4778,84	0,00	0,00
31	260,00	0,00	295,18	234,52	0,00	0,00	4778,84	4993,41	0,00	0,00
32	261,26	0,00	294,61	234,25	0,00	0,00	4993,41	5205,37	0,00	0,00
33	262,36	0,00	293,89	233,92	0,00	0,00	5205,37	5414,69	0,00	0,00
34	263,31	0,00	293,03	233,55	0,00	0,00	5414,69	5621,32	0,00	0,00
35	264,10	0,00	292,03	233,13	0,00	0,00	5621,32	5825,23	0,00	0,00
36	264,74	0,00	290,87	232,66	0,00	0,00	5825,23	6026,40	0,00	0,00
37	265,23	0,00	289,58	232,13	0,00	0,00	6026,40	6224,81	0,00	0,00
38	265,55	0,00	288,14	231,56	0,00	0,00	6224,81	6420,42	0,00	0,00
39	176,12	0,00	190,10	140,91	0,00	0,00	6420,42	6536,36	0,00	0,00
40	385,30	0,00	413,98	287,24	0,00	0,00	6536,36	6766,44	0,00	0,00
41	385,21	0,00	411,60	286,37	0,00	0,00	6766,44	6992,33	0,00	0,00
42	388,98	0,00	413,34	288,45	0,00	0,00	6992,33	7216,36	0,00	0,00
43	388,50	0,00	410,56	287,46	0,00	0,00	7216,36	7436,12	0,00	0,00
44	387,82	0,00	407,63	286,42	0,00	0,00	7436,12	7651,63	0,00	0,00
45	386,95	0,00	404,52	285,32	0,00	0,00	7651,63	7862,90	0,00	0,00
46	385,89	0,00	401,26	284,17	0,00	0,00	7862,90	8069,94	0,00	0,00
47	384,63	0,00	397,83	282,96	0,00	0,00	8069,94	8272,77	0,00	0,00
48	383,17	0,00	394,23	281,70	0,00	0,00	8272,77	8471,42	0,00	0,00
49	381,52	0,00	390,47	280,39	0,00	0,00	8471,42	8665,91	0,00	0,00
50	379,67	0,00	386,54	279,02	0,00	0,00	8665,91	8856,28	0,00	0,00
51	377,62	0,00	382,45	277,60	0,00	0,00	8856,28	9042,56	0,00	0,00
52	375,38	0,00	378,20	276,12	0,00	0,00	9042,56	9224,80	0,00	0,00

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
53	372,94	0,00	373,78	274,59	0,00	9224,80	9403,03	0,00	0,00	
54	370,30	0,00	369,20	272,99	0,00	9403,03	9577,30	0,00	0,00	
55	367,46	0,00	364,45	271,34	0,00	9577,30	9747,67	0,00	0,00	
56	364,42	0,00	359,54	269,64	0,00	9747,67	9914,19	0,00	0,00	
57	299,85	0,00	297,25	202,50	0,00	9914,19	10029,62	0,00	0,00	
58	408,15	0,00	408,32	241,33	0,00	10029,62	10149,80	0,00	0,00	
59	473,28	0,00	474,34	266,08	0,00	10149,80	10272,55	0,00	0,00	
60	471,52	0,00	471,45	265,23	0,00	10272,55	10392,25	0,00	0,00	
61	469,69	0,00	468,51	264,36	0,00	10392,25	10508,94	0,00	0,00	
62	645,36	0,00	645,29	344,25	0,00	10508,94	10645,91	0,00	0,00	
63	798,62	0,00	800,03	405,59	0,00	10645,91	10788,88	0,00	0,00	
64	809,33	0,00	809,20	408,63	0,00	10788,88	10925,15	0,00	0,00	
65	819,89	0,00	818,24	411,63	0,00	10925,15	11054,57	0,00	0,00	
66	830,29	0,00	827,14	414,59	0,00	11054,57	11176,99	0,00	0,00	
67	840,54	0,00	835,91	417,52	0,00	11176,99	11292,26	0,00	0,00	
68	850,63	0,00	844,56	420,41	0,00	11292,26	11400,22	0,00	0,00	
69	860,57	0,00	853,07	423,27	0,00	11400,22	11500,75	0,00	0,00	
70	986,44	0,00	976,76	480,68	0,00	11500,75	11603,32	0,00	0,00	
71	1022,46	0,00	1011,80	491,60	0,00	11603,32	11694,00	0,00	0,00	
72	1058,26	0,00	1046,66	502,40	0,00	11694,00	11772,09	0,00	0,00	
73	1093,84	0,00	1081,35	513,09	0,00	11772,09	11836,91	0,00	0,00	
74	863,84	0,00	853,61	401,40	0,00	11836,91	11877,49	0,00	0,00	
75	881,36	0,00	870,56	406,62	0,00	11877,49	11909,95	0,00	0,00	
76	1031,82	0,00	1018,41	473,85	0,00	11909,95	11938,15	0,00	0,00	
77	1038,28	0,00	1023,68	475,76	0,00	11938,15	11957,31	0,00	0,00	
78	1044,59	0,00	1028,83	477,66	0,00	11957,31	11967,35	0,00	0,00	
79	673,35	0,00	663,00	306,27	0,00	11967,35	11967,77	0,00	0,00	
80	690,24	0,00	679,93	311,33	0,00	11967,77	11962,00	0,00	0,00	
81	1067,89	0,00	1051,64	479,62	0,00	11962,00	11944,12	0,00	0,00	
82	1069,45	0,00	1052,14	480,19	0,00	11944,12	11917,82	0,00	0,00	
83	1070,86	0,00	1052,54	480,74	0,00	11917,82	11883,10	0,00	0,00	
84	1072,11	0,00	1052,83	481,28	0,00	11883,10	11839,96	0,00	0,00	
85	1073,21	0,00	1053,01	481,79	0,00	11839,96	11788,41	0,00	0,00	
86	1058,37	0,00	1037,21	476,30	0,00	11788,41	11730,54	0,00	0,00	
87	1044,61	0,00	1022,13	472,42	0,00	11730,54	11667,71	0,00	0,00	
88	1030,71	0,00	1006,94	468,50	0,00	11667,71	11600,14	0,00	0,00	
89	618,51	0,00	603,89	281,26	0,00	11600,14	11555,83	0,00	0,00	
90	627,07	0,00	612,48	283,94	0,00	11555,83	11506,63	0,00	0,00	
91	1039,30	0,00	1014,84	470,15	0,00	11506,63	11418,03	0,00	0,00	
92	1034,40	0,00	1009,13	469,02	0,00	11418,03	11322,84	0,00	0,00	
93	1029,35	0,00	1003,29	467,86	0,00	11322,84	11221,16	0,00	0,00	
94	1024,14	0,00	997,34	466,67	0,00	11221,16	11113,09	0,00	0,00	
95	871,28	0,00	848,22	396,99	0,00	11113,09	11014,65	0,00	0,00	
96	750,62	0,00	730,75	341,69	0,00	11014,65	10924,72	0,00	0,00	
97	750,42	0,00	730,30	341,87	0,00	10924,72	10830,68	0,00	0,00	
98	828,76	0,00	805,96	378,63	0,00	10830,68	10722,81	0,00	0,00	
99	818,91	0,00	795,47	375,94	0,00	10722,81	10612,79	0,00	0,00	
100	808,97	0,00	784,89	373,23	0,00	10612,79	10500,77	0,00	0,00	
101	1105,71	0,00	1071,71	512,35	0,00	10500,77	10341,30	0,00	0,00	
102	1098,06	0,00	1063,38	510,68	0,00	10341,30	10174,83	0,00	0,00	
103	1090,16	0,00	1054,85	508,96	0,00	10174,83	10001,53	0,00	0,00	
104	1082,03	0,00	1046,12	507,20	0,00	10001,53	9821,60	0,00	0,00	
105	1073,66	0,00	1037,17	505,38	0,00	9821,60	9635,23	0,00	0,00	
106	1075,22	0,00	1038,19	507,64	0,00	9635,23	9439,97	0,00	0,00	
107	1075,08	0,00	1037,97	508,49	0,00	9439,97	9235,33	0,00	0,00	
108	1074,69	0,00	1037,54	509,32	0,00	9235,33	9021,37	0,00	0,00	
109	1074,03	0,00	1036,90	510,11	0,00	9021,37	8798,15	0,00	0,00	
110	1073,11	0,00	1036,05	510,86	0,00	8798,15	8565,75	0,00	0,00	
111	1071,93	0,00	1034,98	511,57	0,00	8565,75	8324,23	0,00	0,00	
112	1070,47	0,00	1033,68	512,24	0,00	8324,23	8073,68	0,00	0,00	
113	1068,74	0,00	1032,15	512,88	0,00	8073,68	7814,20	0,00	0,00	
114	1111,67	0,00	1073,50	535,62	0,00	7814,20	7534,93	0,00	0,00	
115	1103,04	0,00	1064,77	534,23	0,00	7534,93	7248,89	0,00	0,00	
116	1094,08	0,00	1055,72	532,76	0,00	7248,89	6956,35	0,00	0,00	
117	1084,78	0,00	1046,35	531,22	0,00	6956,35	6657,57	0,00	0,00	
118	1075,14	0,00	1036,63	529,60	0,00	6657,57	6352,85	0,00	0,00	
119	1065,14	0,00	1026,56	527,89	0,00	6352,85	6042,49	0,00	0,00	
120	1054,79	0,00	1016,13	526,11	0,00	6042,49	5726,81	0,00	0,00	
121	1044,06	0,00	1005,31	524,23	0,00	5726,81	5406,12	0,00	0,00	
122	1032,97	0,00	994,11	522,26	0,00	5406,12	5080,79	0,00	0,00	
123	1021,49	0,00	982,49	520,18	0,00	5080,79	4751,18	0,00	0,00	
124	1009,61	0,00	970,44	518,00	0,00	4751,18	4417,66	0,00	0,00	
125	997,34	0,00	957,95	515,72	0,00	4417,66	4080,65	0,00	0,00	
126	997,27	0,00	957,29	519,68	0,00	4080,65	3735,86	0,00	0,00	
127	986,60	0,00	946,56	518,07	0,00	3735,86	3386,80	0,00	0,00	
128	975,48	0,00	935,33	516,34	0,00	3386,80	3033,88	0,00	0,00	
129	963,90	0,00	923,58	514,49	0,00	3033,88	2677,56	0,00	0,00	
130	951,84	0,00	911,28	512,50	0,00	2677,56	2318,30	0,00	0,00	
131	939,30	0,00	898,40	510,37	0,00	2318,30	1956,61	0,00	0,00	
132	926,26	0,00	884,91	508,10	0,00	1956,61	1593,01	0,00	0,00	
133	912,70	0,00	870,80	505,66	0,00	1593,01	1228,09	0,00	0,00	
134	898,60	0,00	856,01	503,05	0,00	1228,09	862,43	0,00	0,00	
135	901,06	0,00	857,52	509,23	0,00	862,43	488,51	0,00	0,00	

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
136	893,54	0,00	850,09	509,32	0,00	488,51	109,55	0,00	0,00	
137	885,40	0,00	841,93	509,26	0,00	109,55	-273,89	0,00	0,00	
138	876,62	0,00	832,99	509,04	0,00	-273,89	-661,25	0,00	0,00	
139	867,18	0,00	823,22	508,65	0,00	-661,25	-1051,88	0,00	0,00	
140	857,04	0,00	812,57	508,06	0,00	-1051,88	-1445,11	0,00	0,00	
141	846,17	0,00	800,98	507,27	0,00	-1445,11	-1840,17	0,00	0,00	
142	834,55	0,00	788,38	506,26	0,00	-1840,17	-2236,24	0,00	0,00	
143	822,14	0,00	774,70	505,00	0,00	-2236,24	-2632,44	0,00	0,00	
144	808,90	0,00	759,85	503,47	0,00	-2632,44	-3027,79	0,00	0,00	
145	794,79	0,00	743,76	501,66	0,00	-3027,79	-3421,22	0,00	0,00	
146	779,76	0,00	726,32	499,52	0,00	-3421,22	-3811,54	0,00	0,00	
147	763,77	0,00	707,41	497,03	0,00	-3811,54	-4197,48	0,00	0,00	
148	739,84	0,00	681,25	489,04	0,00	-4197,48	-4574,89	0,00	0,00	
149	726,67	0,00	665,07	487,86	0,00	-4574,89	-4949,14	0,00	0,00	
150	712,39	0,00	647,14	486,29	0,00	-4949,14	-5318,72	0,00	0,00	
151	696,93	0,00	627,28	484,27	0,00	-5318,72	-5681,94	0,00	0,00	
152	680,21	0,00	605,29	481,74	0,00	-5681,94	-6036,91	0,00	0,00	
153	662,13	0,00	580,93	478,64	0,00	-6036,91	-6381,48	0,00	0,00	
154	642,58	0,00	553,94	474,89	0,00	-6381,48	-6713,25	0,00	0,00	
155	621,44	0,00	523,98	470,39	0,00	-6713,25	-7029,46	0,00	0,00	
156	598,57	0,00	490,68	465,01	0,00	-7029,46	-7326,98	0,00	0,00	
157	573,79	0,00	453,56	458,63	0,00	-7326,98	-7602,19	0,00	0,00	
158	546,91	0,00	412,08	451,05	0,00	-7602,19	-7850,91	0,00	0,00	
159	517,70	0,00	365,53	442,05	0,00	-7850,91	-8068,21	0,00	0,00	
160	485,84	0,00	313,05	431,36	0,00	-8068,21	-8248,32	0,00	0,00	
161	450,99	0,00	253,54	418,59	0,00	-8248,32	-8384,30	0,00	0,00	
162	412,69	0,00	185,56	403,25	0,00	-8384,30	-8467,71	0,00	0,00	
163	302,64	0,00	99,85	309,83	0,00	-8467,71	-8496,65	0,00	0,00	
164	285,72	0,00	60,40	304,32	0,00	-8496,65	-8493,96	0,00	0,00	
165	266,05	0,00	13,17	296,89	0,00	-8493,96	-8452,10	0,00	0,00	
166	243,11	0,00	-43,94	287,01	0,00	-8452,10	-8361,36	0,00	0,00	
167	210,89	0,00	-127,44	271,78	0,00	-8361,36	-8195,79	0,00	0,00	
168	161,16	0,00	-239,97	240,39	0,00	-8195,79	-7927,51	0,00	0,00	
169	104,23	0,00	-379,02	200,74	0,00	-7927,51	-7528,98	0,00	0,00	
170	36,84	0,00	-561,81	148,48	0,00	-7528,98	-6954,70	0,00	0,00	

Superficie n° 519

Analisi della superficie 519 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce 170
 Coordinate del centro X[m]= 183,00 Y[m]= 264,00
 Raggio del cerchio R[m]= 118,00
 Intersezione a valle con il profilo topografico X_v[m]= 152,54 Y_v[m]= 150,00
 Intersezione a monte con il profilo topografico X_m[m]= 299,25 Y_m[m]= 243,74

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	152,54	150,00	150,00	153,50	150,00	149,75	153,18	149,92	1,00	-14,72	29,26	4,0
2	153,50	150,00	149,75	154,40	150,50	149,52	154,04	149,95	0,93	-14,25	29,26	4,0
3	154,40	150,50	149,52	155,30	151,19	149,30	154,90	150,14	0,93	-13,80	29,26	4,0
4	155,30	151,19	149,30	155,70	151,50	149,20	155,51	150,30	0,41	-13,48	29,26	4,0
5	155,70	151,50	149,20	156,13	151,86	149,10	155,92	150,42	0,44	-13,27	29,26	4,0
6	156,13	151,86	149,10	156,55	152,20	149,00	156,35	150,54	0,43	-13,06	62,19	493,8
7	156,55	152,20	149,00	157,40	152,90	148,81	156,99	150,73	0,87	-12,74	61,68	497,8
8	157,40	152,90	148,81	158,10	153,40	148,66	157,76	150,94	0,72	-12,36	61,18	502,3
9	158,10	153,40	148,66	158,80	153,90	148,51	158,46	151,12	0,72	-12,01	60,76	506,8
10	158,80	153,90	148,51	159,60	154,20	148,34	159,21	151,24	0,82	-11,64	60,40	510,9
11	159,60	154,20	148,34	160,30	154,70	148,20	159,96	151,36	0,71	-11,26	60,06	515,1
12	160,30	154,70	148,20	161,00	155,20	148,07	160,66	151,54	0,71	-10,92	59,72	519,6
13	161,00	155,20	148,07	161,70	155,55	147,94	161,35	151,69	0,71	-10,57	59,42	524,0
14	161,70	155,55	147,94	162,40	155,90	147,81	162,05	151,80	0,71	-10,23	59,18	527,5
15	162,40	155,90	147,81	163,13	156,17	147,68	162,77	151,89	0,74	-9,87	58,95	531,3
16	163,13	156,17	147,68	163,87	156,43	147,56	163,50	151,96	0,74	-9,51	58,75	534,4
17	163,87	156,43	147,56	164,60	156,70	147,44	164,24	152,03	0,74	-9,15	58,61	536,8
18	164,60	156,70	147,44	165,40	157,10	147,32	165,00	152,14	0,81	-8,77	58,44	539,8
19	165,40	157,10	147,32	166,20	157,50	147,20	165,80	152,28	0,81	-8,38	58,21	543,9
20	166,20	157,50	147,20	167,00	157,90	147,09	166,60	152,42	0,81	-7,99	58,04	547,1
21	167,00	157,90	147,09	167,80	158,30	146,98	167,40	152,57	0,81	-7,60	57,83	551,1
22	167,80	158,30	146,98	168,60	158,63	146,88	168,20	152,70	0,81	-7,21	57,71	553,5
23	168,60	158,63	146,88	169,40	158,95	146,79	169,00	152,81	0,81	-6,81	57,53	557,0
24	169,40	158,95	146,79	170,20	159,28	146,70	169,80	152,93	0,81	-6,42	57,39	559,9
25	170,20	159,28	146,70	171,00	159,60	146,61	170,60	153,05	0,80	-6,03	57,23	563,3
26	171,00	159,60	146,61	171,87	160,10	146,53	171,44	153,21	0,87	-5,63	57,12	565,7
27	171,87	160,10	146,53	172,73	160,60	146,45	172,30	153,42	0,87	-5,20	56,89	570,7

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
28	172,73	160,60	146,45	173,60	161,10	146,38	173,17	153,63	0,87	-4,78	56,71	574,7
29	173,60	161,10	146,38	174,00	157,50	146,34	173,79	152,87	0,40	-4,47	57,27	562,3
30	174,00	157,50	146,34	174,89	157,50	146,28	174,44	151,91	0,89	-4,16	57,96	548,7
31	174,89	157,50	146,28	175,78	157,50	146,22	175,33	151,88	0,89	-3,73	57,96	548,7
32	175,78	157,50	146,22	176,67	157,50	146,17	176,22	151,85	0,89	-3,29	57,96	548,7
33	176,67	157,50	146,17	177,56	157,50	146,13	177,11	151,82	0,89	-2,86	58,00	547,8
34	177,56	157,50	146,13	178,44	157,50	146,09	178,00	151,80	0,89	-2,43	58,00	547,8
35	178,44	157,50	146,09	179,33	157,50	146,06	178,89	151,79	0,89	-2,00	58,00	547,8
36	179,33	157,50	146,06	180,22	157,50	146,03	179,78	151,77	0,89	-1,56	58,00	547,8
37	180,22	157,50	146,03	181,11	157,50	146,02	180,67	151,76	0,89	-1,13	58,03	547,3
38	181,11	157,50	146,02	182,00	157,50	146,00	181,56	151,75	0,89	-0,70	58,05	547,0
39	182,00	157,50	146,00	182,50	161,60	146,00	182,26	152,83	0,50	-0,36	57,27	562,3
40	182,50	161,60	146,00	183,45	161,60	146,00	182,98	153,80	0,95	-0,01	56,56	578,1
41	183,45	161,60	146,00	184,40	161,60	146,01	183,92	153,80	0,95	0,45	56,56	578,1
42	184,40	161,60	146,01	185,36	161,60	146,02	184,88	153,81	0,96	0,91	56,60	577,2
43	185,36	161,60	146,02	186,32	161,60	146,05	185,84	153,82	0,96	1,38	56,67	575,6
44	186,32	161,60	146,05	187,28	161,60	146,08	186,80	153,83	0,96	1,85	56,67	575,6
45	187,28	161,60	146,08	188,24	161,60	146,12	187,76	153,85	0,96	2,31	56,71	574,7
46	188,24	161,60	146,12	189,20	161,60	146,16	188,72	153,87	0,96	2,78	56,75	573,8
47	189,20	161,60	146,16	190,16	161,60	146,22	189,68	153,90	0,96	3,25	56,78	573,1
48	190,16	161,60	146,22	191,12	161,60	146,28	190,64	153,92	0,96	3,71	56,84	571,7
49	191,12	161,60	146,28	192,08	161,60	146,35	191,60	153,96	0,96	4,18	56,89	570,7
50	192,08	161,60	146,35	193,04	161,60	146,43	192,56	153,99	0,96	4,65	56,93	569,7
51	193,04	161,60	146,43	194,00	161,60	146,51	193,52	154,04	0,96	5,11	57,00	568,2
52	194,00	161,60	146,51	194,96	161,60	146,61	194,48	154,08	0,96	5,58	57,04	567,3
53	194,96	161,60	146,61	195,92	161,60	146,71	195,44	154,13	0,97	6,05	57,12	565,7
54	195,92	161,60	146,71	196,88	161,60	146,82	196,40	154,18	0,97	6,52	57,16	564,8
55	196,88	161,60	146,82	197,84	161,60	146,94	197,36	154,24	0,97	6,99	57,23	563,3
56	197,84	161,60	146,94	198,80	161,60	147,06	198,32	154,30	0,97	7,46	57,30	561,9
57	198,80	161,60	147,06	199,76	168,10	147,15	199,28	154,36	0,66	7,93	56,25	585,6
58	199,76	168,10	147,15	200,72	174,60	147,25	199,79	159,35	0,66	8,40	54,44	635,0
59	200,72	174,60	147,25	201,68	174,60	147,35	200,75	160,95	0,67	8,87	53,66	659,7
60	201,68	174,60	147,35	202,64	174,60	147,45	201,71	161,00	0,67	9,34	53,69	658,6
61	202,64	174,60	147,45	203,60	174,60	147,56	202,67	161,05	0,68	9,81	53,74	657,1
62	203,60	174,60	147,56	204,56	182,70	147,69	203,63	162,22	0,81	9,51	52,85	687,6
63	204,56	182,70	147,69	205,52	183,33	147,84	204,59	163,39	0,88	9,92	51,97	720,8
64	205,52	183,33	147,84	206,48	183,96	148,00	205,55	165,78	0,89	10,35	51,91	723,2
65	206,48	183,96	148,00	207,44	184,59	148,17	206,51	166,18	0,89	10,78	51,85	725,7
66	207,44	184,59	148,17	208,40	185,21	148,34	207,47	166,58	0,89	11,22	51,77	728,9
67	208,40	185,21	148,34	209,36	185,84	148,52	208,43	166,98	0,89	11,65	51,70	731,7
68	209,36	185,84	148,52	210,32	186,47	148,71	209,39	167,39	0,89	12,08	51,64	734,1
69	210,32	186,47	148,71	211,28	187,10	148,90	210,35	167,79	0,89	12,51	51,57	737,1
70	211,28	187,10	148,90	212,24	187,84	149,12	211,31	168,18	1,00	12,97	51,43	742,9
71	212,24	187,84	149,12	213,20	190,40	149,36	212,27	169,41	1,00	13,46	51,18	753,3
72	213,20	190,40	149,36	214,16	192,05	149,60	213,23	170,35	1,00	13,95	50,95	763,4
73	214,16	192,05	149,60	215,12	193,70	149,85	214,19	171,30	1,01	14,43	50,73	773,1
74	215,12	193,70	149,85	216,08	194,80	150,05	215,15	172,10	0,78	14,87	50,54	781,6
75	216,08	194,80	150,05	217,04	195,90	150,25	216,11	172,75	0,78	15,24	50,41	787,3
76	217,04	195,90	150,25	218,00	196,43	150,50	217,07	173,27	0,90	15,65	50,33	791,2
77	218,00	196,43	150,50	218,96	196,97	150,75	218,03	173,66	0,90	16,09	50,31	792,3
78	218,96	196,97	150,75	219,92	197,50	151,00	218,99	174,05	0,90	16,53	50,28	793,6
79	219,92	197,50	151,00	220,88	198,05	151,27	219,95	174,63	0,57	16,89	50,17	798,4
80	220,88	198,05	151,27	221,84	198,59	151,54	220,91	175,39	0,58	17,17	50,00	806,6
81	221,84	198,59	151,54	222,80	199,13	151,81	221,87	175,92	0,88	17,52	49,92	810,3
82	222,80	199,13	151,81	223,76	200,88	152,08	222,83	176,23	0,88	17,95	49,92	810,3
83	223,76	200,88	152,08	224,72	201,22	152,16	223,79	176,53	0,89	18,38	49,94	809,4
84	224,72	201,22	152,16	225,68	201,56	152,44	224,75	176,85	0,89	18,81	49,95	809,0
85	225,68	201,56	152,44	226,64	201,90	152,74	225,71	177,16	0,89	19,24	49,97	807,9
86	226,64	201,90	152,74	227,60	202,17	153,03	226,67	177,31	0,88	19,67	50,02	805,6
87	227,60	202,17	153,03	228,56	202,23	153,34	227,63	177,29	0,89	20,10	50,15	799,5
88	228,56	202,23	153,34	229,52	202,30	153,65	228,59	177,28	0,89	20,53	50,28	793,6
89	229,52	202,30	153,65	230,48	202,37	153,84	229,55	177,54	0,54	20,88	50,30	792,7
90	230,48	202,37	153,84	231,44	202,60	154,04	230,51	178,06	0,54	21,14	50,20	797,1
91	231,44	202,60	154,04	232,40	202,70	154,36	231,47	178,42	0,89	21,48	50,17	798,4
92	232,40	202,70	154,36	233,36	202,80	154,69	232,43	178,64	0,89	21,91	50,24	795,1
93	233,36	202,80	154,69	234,32	202,90	155,03	233,39	178,86	0,89	22,35	50,30	792,7
94	234,32	202,90	155,03	235,28	203,00	155,38	234,35	179,08	0,89	22,78	50,36	789,7
95	235,28	203,00	155,38	236,24	203,80	155,68	235,31	179,46	0,76	23,18	50,36	789,9
96	236,24	203,80	155,68	237,20	204,05	155,94	236,27	179,87	0,65	23,53	50,33	791,2
97	237,20	204,05	155,94	238,16	204,30	156,20	237,23	180,12	0,66	23,84	50,36	789,9
98	238,16	204,30	156,20	239,12	204,03	156,50	238,19	180,26	0,73	24,18	50,43	786,4
99	239,12	204,03	156,50	240,08	203,77	156,81	239,15	180,28	0,73	24,54	50,54	781,6
100	240,08	203,77	156,81	241,04	203,50	157,12	240,11	180,30	0,73	24,89	50,64	776,8
101	241,04	203,50	157,12	242,00	203,62	157,55	241,07	180,45	1,02	25,32	50,75	772,0
102	242,00	203,62	157,55	242,96	203,74	158,00	242,03	180,73	1,02	25,81	50,81	769,6
103	242,96	203,74	158,00	243,92	203,86	158,45	243,00	181,01	1,03	26,31	50,90	765,5
104	243,92	203,86	158,45	244,88	203,98	158,92	243,97	181,30	1,03	26,81	50,97	762,3
105	244,88	203,98	158,92	245,84	204,10	159,39	244,93	181,60	1,04	27,31	51,07	758,1
106	245,84	204,10	159,39	246,80	204,59	159,88	245,89	181,99	1,05	27,82	51,14	755,0
107	246,80	204,59	159,88	247,76	205,08	160,38	246,85	182,48	1,05	28,33	51,16	754,1
108	247,76	205,08	160,38	248,72	205,56	160,89	247,81	182,98	1,06	28,84	51,20	752,6
109	248,72	205,56	160,89	249,68	206,05	161,41	248,77	183,48	1,06	29,35	51,22	751,7
110	249,68	206,05	161,41	250,64	206,54	161,94	249,73	183,98	1,07	29,87	51,26	750,2

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
111	242,23	206,54	161,94	243,15	207,03	162,48	242,69	184,50	1,07	30,39	51,29	748,6
112	243,15	207,03	162,48	244,08	207,51	163,04	243,61	185,01	1,08	30,91	51,33	746,8
113	244,08	207,51	163,04	245,00	208,00	163,60	244,54	185,54	1,08	31,43	51,37	745,3
114	245,00	208,00	163,60	245,97	208,27	164,20	245,48	186,02	1,14	31,97	51,43	742,9
115	245,97	208,27	164,20	246,93	208,53	164,82	246,45	186,46	1,15	32,53	51,53	738,6
116	246,93	208,53	164,82	247,90	208,80	165,45	247,42	186,90	1,15	33,09	51,63	734,6
117	247,90	208,80	165,45	248,87	209,07	166,09	248,38	187,35	1,16	33,65	51,73	730,6
118	248,87	209,07	166,09	249,83	209,33	166,75	249,35	187,81	1,17	34,21	51,82	726,8
119	249,83	209,33	166,75	250,80	209,60	167,42	250,32	188,28	1,18	34,78	51,93	722,3
120	250,80	209,60	167,42	251,77	209,87	168,11	251,28	188,75	1,19	35,36	52,04	718,3
121	251,77	209,87	168,11	252,73	210,13	168,81	252,25	189,23	1,19	35,94	52,16	713,4
122	252,73	210,13	168,81	253,70	210,40	169,53	253,22	189,72	1,20	36,52	52,27	709,3
123	253,70	210,40	169,53	254,67	210,67	170,26	254,18	190,21	1,21	37,10	52,39	704,6
124	254,67	210,67	170,26	255,63	210,93	171,00	255,15	190,71	1,22	37,69	52,51	700,1
125	255,63	210,93	171,00	256,60	211,20	171,77	256,12	191,23	1,23	38,29	52,65	695,1
126	256,60	211,20	171,77	257,58	211,58	172,56	257,09	191,77	1,26	38,89	52,76	691,1
127	257,58	211,58	172,56	258,56	211,96	173,36	258,07	192,36	1,27	39,51	52,89	686,1
128	258,56	211,96	173,36	259,53	212,33	174,19	259,04	192,96	1,28	40,12	53,03	681,1
129	259,53	212,33	174,19	260,51	212,71	175,03	260,02	193,56	1,29	40,75	53,15	677,0
130	260,51	212,71	175,03	261,49	213,09	175,89	261,00	194,18	1,30	41,38	53,29	672,2
131	261,49	213,09	175,89	262,47	213,47	176,77	261,98	194,80	1,32	42,01	53,44	667,2
132	262,47	213,47	176,77	263,44	213,84	177,67	262,95	195,44	1,33	42,66	53,58	662,2
133	263,44	213,84	177,67	264,42	214,22	178,59	263,93	196,08	1,34	43,31	53,74	657,1
134	264,42	214,22	178,59	265,40	214,60	179,54	264,91	196,74	1,36	43,96	53,90	651,9
135	265,40	214,60	179,54	266,39	215,30	180,52	265,90	197,49	1,39	44,63	54,03	647,6
136	266,39	215,30	180,52	267,38	216,00	181,52	266,89	198,33	1,41	45,31	54,16	643,5
137	267,38	216,00	181,52	268,38	216,70	182,55	267,88	199,19	1,43	46,00	54,27	640,0
138	268,38	216,70	182,55	269,37	217,40	183,60	268,87	200,06	1,45	46,70	54,41	635,9
139	269,37	217,40	183,60	270,36	218,10	184,68	269,86	200,94	1,47	47,41	54,54	632,0
140	270,36	218,10	184,68	271,35	218,80	185,78	270,86	201,84	1,49	48,12	54,69	627,4
141	271,35	218,80	185,78	272,35	219,50	186,92	271,85	202,75	1,51	48,85	54,83	623,3
142	272,35	219,50	186,92	273,34	220,20	188,09	272,84	203,68	1,53	49,59	55,01	618,3
143	273,34	220,20	188,09	274,33	220,90	189,28	273,83	204,62	1,55	50,34	55,19	613,2
144	274,33	220,90	189,28	275,32	221,60	190,51	274,83	205,57	1,58	51,10	55,37	608,2
145	275,32	221,60	190,51	276,32	222,30	191,78	275,82	206,55	1,61	51,87	55,56	603,2
146	276,32	222,30	191,78	277,31	223,00	193,08	276,81	207,54	1,64	52,66	55,75	598,1
147	277,31	223,00	193,08	278,30	223,70	194,42	277,80	208,55	1,67	53,46	56,00	591,7
148	278,30	223,70	194,42	279,28	224,57	195,78	278,79	209,61	1,68	54,27	56,21	586,5
149	279,28	224,57	195,78	280,26	225,43	197,18	279,77	210,74	1,71	55,10	56,43	581,3
150	280,26	225,43	197,18	281,24	226,30	198,63	280,75	211,89	1,75	55,94	56,67	575,6
151	281,24	226,30	198,63	282,22	227,17	200,13	281,73	213,06	1,79	56,80	56,89	570,7
152	282,22	227,17	200,13	283,20	228,03	201,68	282,71	214,25	1,83	57,67	57,18	564,3
153	283,20	228,03	201,68	284,18	228,90	203,28	283,69	215,47	1,88	58,58	57,46	558,4
154	284,18	228,90	203,28	285,16	229,77	204,95	284,67	216,72	1,93	59,50	57,79	551,9
155	285,16	229,77	204,95	286,14	230,63	206,68	285,65	218,00	1,99	60,45	58,13	545,4
156	286,14	230,63	206,68	287,12	231,50	208,48	286,63	219,32	2,05	61,43	58,53	538,2
157	287,12	231,50	208,48	288,10	232,37	210,35	287,61	220,67	2,12	62,44	58,95	531,3
158	288,10	232,37	210,35	289,08	233,23	212,32	288,59	222,06	2,20	63,49	59,39	524,4
159	289,08	233,23	212,32	290,06	234,10	214,38	289,57	223,50	2,28	64,58	59,91	517,0
160	290,06	234,10	214,38	291,04	234,97	216,55	290,54	224,99	2,38	65,71	60,46	510,2
161	291,04	234,97	216,55	292,02	235,83	218,85	291,52	226,54	2,50	66,90	61,18	502,3
162	292,02	235,83	218,85	293,00	236,70	221,29	292,50	228,16	2,63	68,14	61,89	496,1
163	293,00	236,70	221,29	293,98	237,57	223,34	293,48	229,82	2,19	69,31	62,54	491,5
164	293,98	237,57	223,34	294,95	238,45	225,52	294,46	231,51	2,31	70,41	63,11	488,4
165	294,95	238,45	225,52	295,93	239,32	227,85	295,43	233,27	2,45	71,56	63,72	486,2
166	295,93	239,32	227,85	296,90	240,19	230,35	296,40	235,11	2,62	72,79	64,45	484,7
167	296,90	240,19	230,35	297,88	241,06	233,12	297,37	236,99	2,88	74,13	65,59	485,4
168	297,88	241,06	233,12	298,86	241,93	236,18	298,34	238,92	3,16	75,60	67,13	492,1
169	298,86	242,93	236,18	299,84	242,80	239,65	299,31	240,90	3,56	77,23	69,04	510,2
170	299,84	243,70	239,65	300,82	243,67	243,74	300,28	242,91	4,16	79,10	71,66	554,5

Metodo di **BISHOP**

Coefficiente di sicurezza $F_s = 5.319$

Forze applicate sulle strisce

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	2,44	0,00	2,79	1,04	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	
2	11,11	0,00	11,96	1,96	0,00	1,72	6,56	0,00	0,00	
3	25,89	0,00	27,54	3,60	0,00	6,56	16,63	0,00	0,00	
4	16,77	0,00	17,77	2,18	0,00	16,63	22,89	0,00	0,00	
5	21,89	0,00	23,15	2,77	0,00	22,89	30,90	0,00	0,00	
6	25,52	0,00	38,60	53,51	0,00	30,90	91,74	0,00	0,00	
7	67,56	0,00	95,22	114,78	0,00	91,74	224,70	0,00	0,00	
8	70,70	0,00	94,25	99,89	0,00	224,70	342,45	0,00	0,00	
9	83,62	0,00	107,69	104,35	0,00	342,45	466,92	0,00	0,00	
10	109,11	0,00	136,89	123,76	0,00	466,92	615,75	0,00	0,00	
11	107,24	0,00	131,68	112,11	0,00	615,75	751,42	0,00	0,00	
12	119,92	0,00	144,54	116,20	0,00	751,42	892,89	0,00	0,00	
13	131,46	0,00	156,09	119,81	0,00	892,89	1039,31	0,00	0,00	

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favalanziata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
14	141,87	0,00	166,35	122,98	0,00	1039,31	1189,88	0,00	0,00	
15	157,96	0,00	183,24	131,57	0,00	1189,88	1350,92	0,00	0,00	
16	165,44	0,00	190,14	133,64	0,00	1350,92	1514,14	0,00	0,00	
17	172,82	0,00	196,90	135,65	0,00	1514,14	1679,38	0,00	0,00	
18	197,98	0,00	223,57	150,59	0,00	1679,38	1862,31	0,00	0,00	
19	208,81	0,00	233,70	153,59	0,00	1862,31	2048,32	0,00	0,00	
20	219,52	0,00	243,64	156,52	0,00	2048,32	2237,19	0,00	0,00	
21	230,12	0,00	253,42	159,38	0,00	2237,19	2428,67	0,00	0,00	
22	239,82	0,00	262,20	161,92	0,00	2428,67	2622,20	0,00	0,00	
23	248,63	0,00	270,01	164,17	0,00	2622,20	2817,24	0,00	0,00	
24	257,32	0,00	277,67	166,36	0,00	2817,24	3013,61	0,00	0,00	
25	265,90	0,00	285,18	168,49	0,00	3013,61	3211,14	0,00	0,00	
26	299,26	0,00	318,97	185,39	0,00	3211,14	3426,90	0,00	0,00	
27	312,38	0,00	330,86	188,77	0,00	3426,90	3644,89	0,00	0,00	
28	325,35	0,00	342,55	192,07	0,00	3644,89	3864,84	0,00	0,00	
29	134,58	0,00	141,55	83,84	0,00	3864,84	3959,45	0,00	0,00	
30	258,58	0,00	271,88	173,61	0,00	3959,45	4152,32	0,00	0,00	
31	260,00	0,00	271,85	173,55	0,00	4152,32	4343,16	0,00	0,00	
32	261,26	0,00	271,67	173,45	0,00	4343,16	4531,93	0,00	0,00	
33	262,36	0,00	271,35	173,32	0,00	4531,93	4718,58	0,00	0,00	
34	263,31	0,00	270,89	173,15	0,00	4718,58	4903,05	0,00	0,00	
35	264,10	0,00	270,29	172,94	0,00	4903,05	5085,30	0,00	0,00	
36	264,74	0,00	269,56	172,70	0,00	5085,30	5265,30	0,00	0,00	
37	265,23	0,00	268,69	172,42	0,00	5265,30	5443,00	0,00	0,00	
38	265,55	0,00	267,68	172,11	0,00	5443,00	5618,37	0,00	0,00	
39	176,12	0,00	176,78	104,59	0,00	5618,37	5724,08	0,00	0,00	
40	385,30	0,00	385,34	212,99	0,00	5724,08	5937,15	0,00	0,00	
41	385,21	0,00	383,55	212,48	0,00	5937,15	6146,62	0,00	0,00	
42	388,98	0,00	385,61	214,17	0,00	6146,62	6354,61	0,00	0,00	
43	388,50	0,00	383,47	213,57	0,00	6354,61	6558,89	0,00	0,00	
44	387,82	0,00	381,16	212,93	0,00	6558,89	6759,44	0,00	0,00	
45	386,95	0,00	378,70	212,26	0,00	6759,44	6956,25	0,00	0,00	
46	385,89	0,00	376,08	211,55	0,00	6956,25	7149,32	0,00	0,00	
47	384,63	0,00	373,29	210,79	0,00	7149,32	7338,64	0,00	0,00	
48	383,17	0,00	370,35	210,00	0,00	7338,64	7524,22	0,00	0,00	
49	381,52	0,00	367,25	209,16	0,00	7524,22	7706,06	0,00	0,00	
50	379,67	0,00	363,99	208,29	0,00	7706,06	7884,17	0,00	0,00	
51	377,62	0,00	360,57	207,37	0,00	7884,17	8058,57	0,00	0,00	
52	375,38	0,00	356,99	206,41	0,00	8058,57	8229,27	0,00	0,00	
53	372,94	0,00	353,25	205,41	0,00	8229,27	8396,30	0,00	0,00	
54	370,30	0,00	349,35	204,37	0,00	8396,30	8559,67	0,00	0,00	
55	367,46	0,00	345,29	203,28	0,00	8559,67	8719,42	0,00	0,00	
56	364,42	0,00	341,06	202,16	0,00	8719,42	8875,59	0,00	0,00	
57	299,85	0,00	281,79	151,53	0,00	8875,59	8987,19	0,00	0,00	
58	408,15	0,00	386,48	180,04	0,00	8987,19	9110,47	0,00	0,00	
59	473,28	0,00	448,90	198,34	0,00	9110,47	9240,31	0,00	0,00	
60	471,52	0,00	446,46	197,79	0,00	9240,31	9367,27	0,00	0,00	
61	469,69	0,00	443,98	197,23	0,00	9367,27	9491,38	0,00	0,00	
62	645,36	0,00	611,36	256,59	0,00	9491,38	9643,41	0,00	0,00	
63	798,62	0,00	757,89	302,11	0,00	9643,41	9810,39	0,00	0,00	
64	809,33	0,00	767,10	304,48	0,00	9810,39	9972,05	0,00	0,00	
65	819,89	0,00	776,18	306,83	0,00	9972,05	10128,23	0,00	0,00	
66	830,29	0,00	785,16	309,15	0,00	10128,23	10278,77	0,00	0,00	
67	840,54	0,00	794,01	311,45	0,00	10278,77	10423,51	0,00	0,00	
68	850,63	0,00	802,76	313,72	0,00	10423,51	10562,29	0,00	0,00	
69	860,57	0,00	811,39	315,97	0,00	10562,29	10694,98	0,00	0,00	
70	986,44	0,00	929,59	358,92	0,00	10694,98	10836,07	0,00	0,00	
71	1022,46	0,00	963,47	367,15	0,00	10836,07	10968,91	0,00	0,00	
72	1058,26	0,00	997,21	375,30	0,00	10968,91	11092,83	0,00	0,00	
73	1093,84	0,00	1030,81	383,37	0,00	11092,83	11207,16	0,00	0,00	
74	863,84	0,00	814,12	299,98	0,00	11207,16	11288,23	0,00	0,00	
75	881,36	0,00	830,66	303,96	0,00	11288,23	11363,09	0,00	0,00	
76	1031,82	0,00	972,28	354,32	0,00	11363,09	11441,97	0,00	0,00	
77	1038,28	0,00	977,96	355,90	0,00	11441,97	11512,91	0,00	0,00	
78	1044,59	0,00	983,54	357,46	0,00	11512,91	11575,82	0,00	0,00	
79	673,35	0,00	634,09	229,25	0,00	11575,82	11611,01	0,00	0,00	
80	690,24	0,00	650,43	233,06	0,00	11611,01	11641,72	0,00	0,00	
81	1067,89	0,00	1006,47	359,13	0,00	11641,72	11681,22	0,00	0,00	
82	1069,45	0,00	1007,64	359,71	0,00	11681,22	11712,94	0,00	0,00	
83	1070,86	0,00	1008,72	360,28	0,00	11712,94	11736,84	0,00	0,00	
84	1072,11	0,00	1009,69	360,84	0,00	11736,84	11752,91	0,00	0,00	
85	1073,21	0,00	1010,57	361,39	0,00	11752,91	11761,14	0,00	0,00	
86	1058,37	0,00	996,18	357,45	0,00	11761,14	11762,43	0,00	0,00	
87	1044,61	0,00	982,54	354,74	0,00	11762,43	11757,93	0,00	0,00	
88	1030,71	0,00	968,79	352,01	0,00	11757,93	11747,82	0,00	0,00	
89	618,51	0,00	581,34	211,40	0,00	11747,82	11738,17	0,00	0,00	
90	627,07	0,00	589,78	213,45	0,00	11738,17	11724,59	0,00	0,00	
91	1039,30	0,00	977,75	353,54	0,00	11724,59	11695,52	0,00	0,00	
92	1034,40	0,00	973,01	352,87	0,00	11695,52	11659,77	0,00	0,00	
93	1029,35	0,00	968,15	352,18	0,00	11659,77	11617,42	0,00	0,00	
94	1024,14	0,00	963,18	351,47	0,00	11617,42	11568,55	0,00	0,00	
95	871,28	0,00	819,71	299,12	0,00	11568,55	11520,84	0,00	0,00	
96	750,62	0,00	706,55	257,53	0,00	11520,84	11474,94	0,00	0,00	

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Favallanciata imbocco lato AP
Relazione di calcolo dell'imbocco

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
97	750,42	0,00	706,52	257,76	0,00	11474,94	11425,10	0,00	0,00	
98	828,76	0,00	780,23	285,60	0,00	11425,10	11366,05	0,00	0,00	
99	818,91	0,00	770,68	283,72	0,00	11366,05	11304,12	0,00	0,00	
100	808,97	0,00	761,04	281,82	0,00	11304,12	11239,44	0,00	0,00	
101	1105,71	0,00	1040,07	387,10	0,00	11239,44	11144,59	0,00	0,00	
102	1098,06	0,00	1033,02	386,08	0,00	11144,59	11042,35	0,00	0,00	
103	1090,16	0,00	1025,77	385,04	0,00	11042,35	10932,85	0,00	0,00	
104	1082,03	0,00	1018,32	383,95	0,00	10932,85	10816,26	0,00	0,00	
105	1073,66	0,00	1010,67	382,84	0,00	10816,26	10692,70	0,00	0,00	
106	1075,22	0,00	1012,68	384,79	0,00	10692,70	10560,48	0,00	0,00	
107	1075,08	0,00	1013,43	385,67	0,00	10560,48	10419,12	0,00	0,00	
108	1074,69	0,00	1014,00	386,53	0,00	10419,12	10268,66	0,00	0,00	
109	1074,03	0,00	1014,37	387,36	0,00	10268,66	10109,10	0,00	0,00	
110	1073,11	0,00	1014,56	388,18	0,00	10109,10	9940,48	0,00	0,00	
111	1071,93	0,00	1014,54	388,97	0,00	9940,48	9762,82	0,00	0,00	
112	1070,47	0,00	1014,32	389,73	0,00	9762,82	9576,18	0,00	0,00	
113	1068,74	0,00	1013,90	390,47	0,00	9576,18	9380,59	0,00	0,00	
114	1111,67	0,00	1055,74	408,08	0,00	9380,59	9167,72	0,00	0,00	
115	1103,04	0,00	1048,49	407,34	0,00	9167,72	8947,37	0,00	0,00	
116	1094,08	0,00	1040,93	406,55	0,00	8947,37	8719,74	0,00	0,00	
117	1084,78	0,00	1033,07	405,71	0,00	8719,74	8485,05	0,00	0,00	
118	1075,14	0,00	1024,88	404,82	0,00	8485,05	8243,52	0,00	0,00	
119	1065,14	0,00	1016,36	403,87	0,00	8243,52	7995,40	0,00	0,00	
120	1054,79	0,00	1007,49	402,86	0,00	7995,40	7740,94	0,00	0,00	
121	1044,06	0,00	998,26	401,79	0,00	7740,94	7480,41	0,00	0,00	
122	1032,97	0,00	988,65	400,65	0,00	7480,41	7214,09	0,00	0,00	
123	1021,49	0,00	978,65	399,44	0,00	7214,09	6942,29	0,00	0,00	
124	1009,61	0,00	968,24	398,16	0,00	6942,29	6665,32	0,00	0,00	
125	997,34	0,00	957,41	396,81	0,00	6665,32	6383,52	0,00	0,00	
126	997,27	0,00	958,42	400,27	0,00	6383,52	6093,28	0,00	0,00	
127	986,60	0,00	949,36	399,45	0,00	6093,28	5797,52	0,00	0,00	
128	975,48	0,00	939,83	398,55	0,00	5797,52	5496,59	0,00	0,00	
129	963,90	0,00	929,79	397,56	0,00	5496,59	5190,86	0,00	0,00	
130	951,84	0,00	919,24	396,48	0,00	5190,86	4880,72	0,00	0,00	
131	939,30	0,00	908,13	395,30	0,00	4880,72	4566,59	0,00	0,00	
132	926,26	0,00	896,44	394,02	0,00	4566,59	4248,94	0,00	0,00	
133	912,70	0,00	884,15	392,62	0,00	4248,94	3928,23	0,00	0,00	
134	898,60	0,00	871,20	391,11	0,00	3928,23	3604,99	0,00	0,00	
135	901,06	0,00	874,79	396,43	0,00	3604,99	3272,56	0,00	0,00	
136	893,54	0,00	869,23	397,01	0,00	3272,56	2933,80	0,00	0,00	
137	885,40	0,00	862,98	397,49	0,00	2933,80	2589,14	0,00	0,00	
138	876,62	0,00	856,00	397,86	0,00	2589,14	2239,06	0,00	0,00	
139	867,18	0,00	848,24	398,12	0,00	2239,06	1884,07	0,00	0,00	
140	857,04	0,00	839,65	398,26	0,00	1884,07	1524,74	0,00	0,00	
141	846,17	0,00	830,17	398,26	0,00	1524,74	1161,71	0,00	0,00	
142	834,55	0,00	819,74	398,11	0,00	1161,71	795,67	0,00	0,00	
143	822,14	0,00	808,27	397,81	0,00	795,67	427,37	0,00	0,00	
144	808,90	0,00	795,70	397,32	0,00	427,37	57,67	0,00	0,00	
145	794,79	0,00	781,92	396,64	0,00	57,67	-312,51	0,00	0,00	
146	779,76	0,00	766,84	395,73	0,00	-312,51	-682,13	0,00	0,00	
147	763,77	0,00	750,33	394,59	0,00	-682,13	-1050,04	0,00	0,00	
148	739,84	0,00	726,07	389,09	0,00	-1050,04	-1412,26	0,00	0,00	
149	726,67	0,00	712,40	389,00	0,00	-1412,26	-1773,92	0,00	0,00	
150	712,39	0,00	697,04	388,65	0,00	-1773,92	-2133,66	0,00	0,00	
151	696,93	0,00	679,80	388,00	0,00	-2133,66	-2489,98	0,00	0,00	
152	680,21	0,00	660,48	387,01	0,00	-2489,98	-2841,16	0,00	0,00	
153	662,13	0,00	638,83	385,62	0,00	-2841,16	-3185,24	0,00	0,00	
154	642,58	0,00	614,56	383,77	0,00	-3185,24	-3519,99	0,00	0,00	
155	621,44	0,00	587,33	381,40	0,00	-3519,99	-3842,85	0,00	0,00	
156	598,57	0,00	556,73	378,41	0,00	-3842,85	-4150,85	0,00	0,00	
157	573,79	0,00	522,27	374,69	0,00	-4150,85	-4440,55	0,00	0,00	
158	546,91	0,00	483,34	370,09	0,00	-4440,55	-4707,89	0,00	0,00	
159	517,70	0,00	439,19	364,45	0,00	-4707,89	-4948,11	0,00	0,00	
160	485,84	0,00	388,86	357,54	0,00	-4948,11	-5155,49	0,00	0,00	
161	450,99	0,00	331,14	349,05	0,00	-5155,49	-5323,11	0,00	0,00	
162	412,69	0,00	264,43	338,58	0,00	-5323,11	-5442,47	0,00	0,00	
163	302,64	0,00	163,32	261,83	0,00	-5442,47	-5502,76	0,00	0,00	
164	285,72	0,00	125,26	258,70	0,00	-5502,76	-5534,02	0,00	0,00	
165	266,05	0,00	79,04	254,10	0,00	-5534,02	-5528,64	0,00	0,00	
166	243,11	0,00	22,34	247,58	0,00	-5528,64	-5476,75	0,00	0,00	
167	210,89	0,00	-62,04	236,89	0,00	-5476,75	-5352,29	0,00	0,00	
168	161,16	0,00	-179,71	212,55	0,00	-5352,29	-5125,35	0,00	0,00	
169	104,23	0,00	-326,76	180,95	0,00	-5125,35	-4766,67	0,00	0,00	
170	36,84	0,00	-521,67	137,96	0,00	-4766,67	-4228,32	0,00	0,00	

12 BIBLIOGRAFIA

[1] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - Relazione geomeccanica T00GE00GEORE02

[2] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - Profilo geologico T00GE00GEOFG02

[3] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000" - Profilo geomeccanico - T00GN01OSTFG02

[4] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000"- Relazione geotecnica - T00GE00GETRE01

[5] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000"- Planimetria, sviluppata e sezioni sistemazione definitiva imbocco RM - T00GA02OSTPP02

[6] «Progetto definitivo "s.s.4 "Salaria" adeguamento del tratto Trisungo-Acquasanta Terme tratto galleria Valgarizia-Acquasanta terme lotto 2° dal km 155+400 al km 159+000"- Planimetria con macrozonazione sismica e categorie del suolo - T00GE00GETPP01