

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:  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:  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. G. Parente  Dott. Ing. C. Muller  Dott. Ing. V. Rotisciani Dott. Ing. F. Macchioni Dott. Ing. G. Verini Dott. Ing. V. Piunno Dott. Ing. G. Pulli  Dott. Ing. D. Carlaccini Dott. Ing. C. Consorti Dott. Ing. E. Loffredo Dott. Ing. S. Sacconi
	

**OPERE D'ARTE MAGGIORI: OPERE DI IMBOCCO
GALLERIA ACQUASANTA IMBOCCO LATO RM - GA03
Relazione di calcolo dell'imbocco**

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. ANNO DPAN257 D 22	NOME FILE T00-GA03-OST-RE01-B CODICE ELAB. T00GA03OSTRE01	REVISIONE B	SCALA: 1:200		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	Revisione a seguito istruttoria Anas	ott-22	M.Rinaldi	E.Moscatelli	G.Guiducci
A	Emissione	giu-22	M.Rinaldi	E.Moscatelli	G.Guiducci

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.....	27
9	PROGETTO INTERVENTO DI STABILIZZAZIONE DEL VERSANTE	30
9.1	FRONTE DI SCAVO	30
9.2	VERSANTE IN DESTRA E IN SINISTRA	31
10	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE.....	32
11	ALLEGATI	35
11.1	ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – PRE INTERVENTO	35
11.2	ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – POST INTERVENTO	37
11.3	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – PRE INTERVENTO.....	40
11.4	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – POST INTERVENTO.....	42
11.5	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – PRE INTERVENTO	45
11.6	ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – POST INTERVENTO.....	47
11.7	STAP 50	
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 Favalanziata lato Ascoli Piceno (GA03) 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.

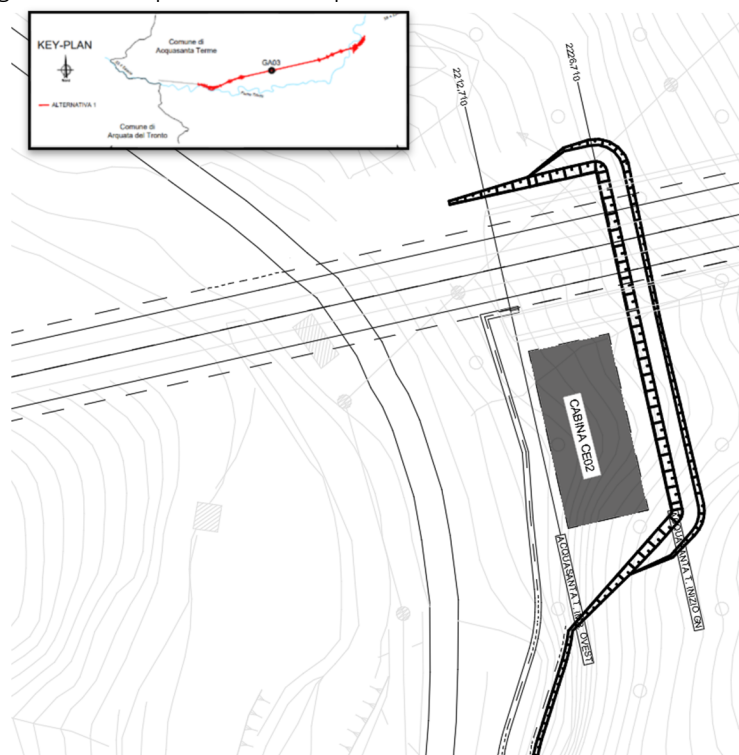


Figura 1-1: Inquadramento GA03 Favalanziata _ imbocco lato Ascoli Piceno

Tabella 1-1: Ubicazione GA03 Favalanziata _ imbocco lato Ascoli Piceno

INIZIO IMBOCCO ARTIFICIALE	pk. 2+212,71
TERMINE IMBOCCO ARTIFICIALE	pk. 2+226,71

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 GA03.

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 GA03 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 GA03.

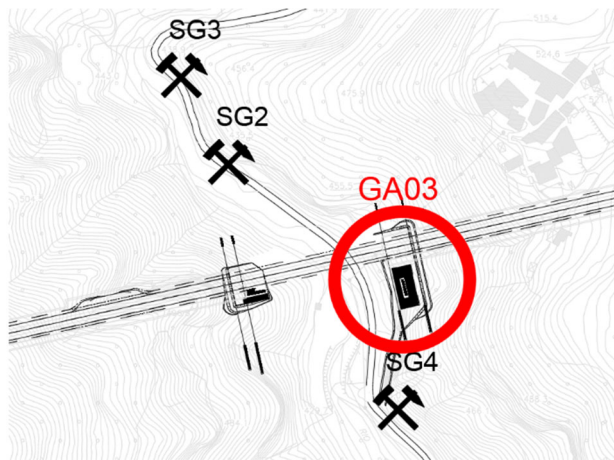


Figura 4-1: Inquadramento stazioni geomeccaniche

Le litologie osservate dalle stazioni sono attribuite alla formazione della Laga, formazione all'interno della quale si sviluppa interamente l'imbocco GA03, come si può osservare dall'estratto del 'Profilo geologico' riportato in Figura 4-2. Per maggiori dettagli sulla geologia si rimanda all'elaborato [2].

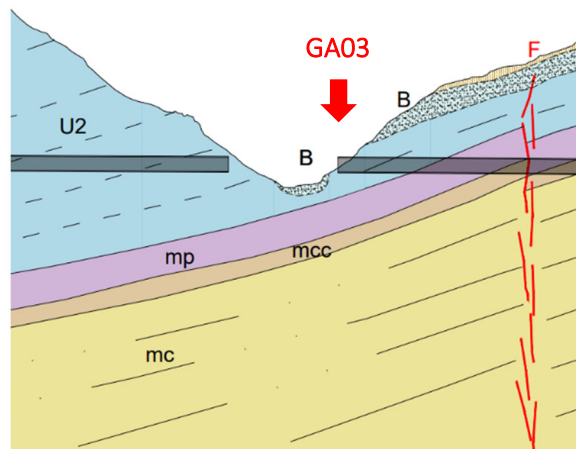


Figura 4-2: Inquadramento geologico

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 $\sigma_c = 25MPa$, ovvero la media del range di valori definiti per l'imbocco (10÷40 MPa), ottenendo così $JCS = 6,25 MPa$. 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 GA03

φ_b	JRC	JCS
27°	10	6,25 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 Acquasanta imbocco lato RM
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.

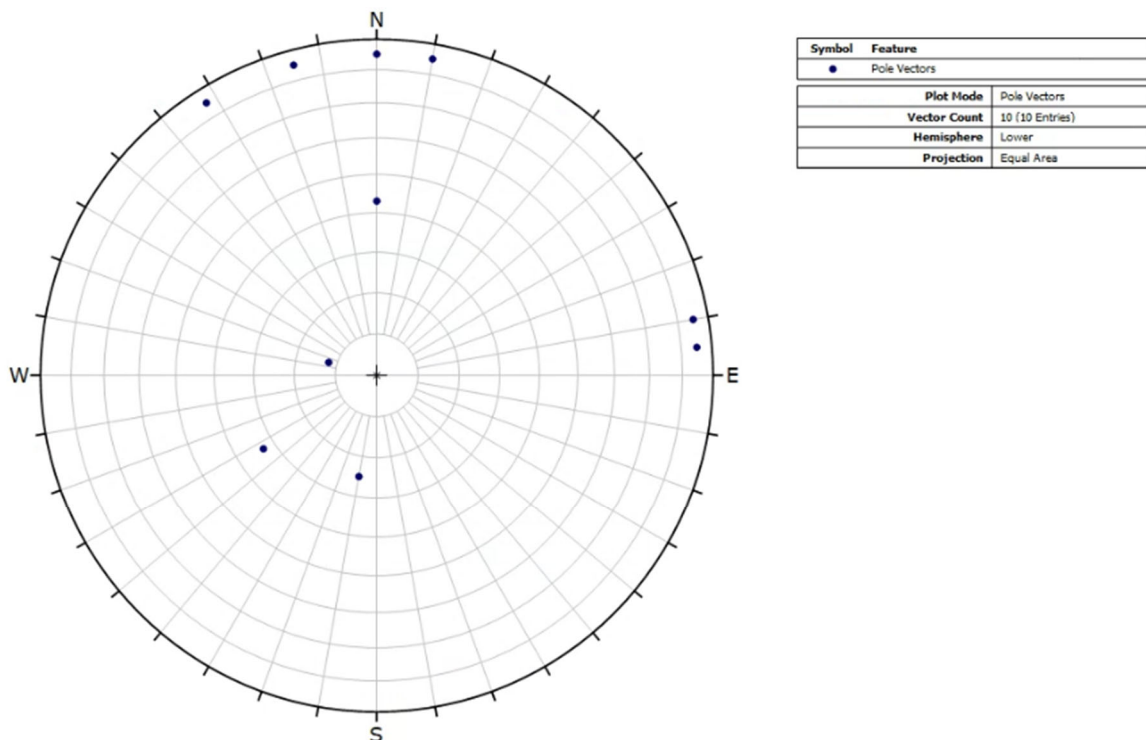


Figura 4-3: Reticolo polare equiareale delle famiglie di discontinuità – SG2, SG3 e SG4

4.2.1 Fronte di scavo

Per determinare la giacitura del fronte di scavo dell'imbocco GA03 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

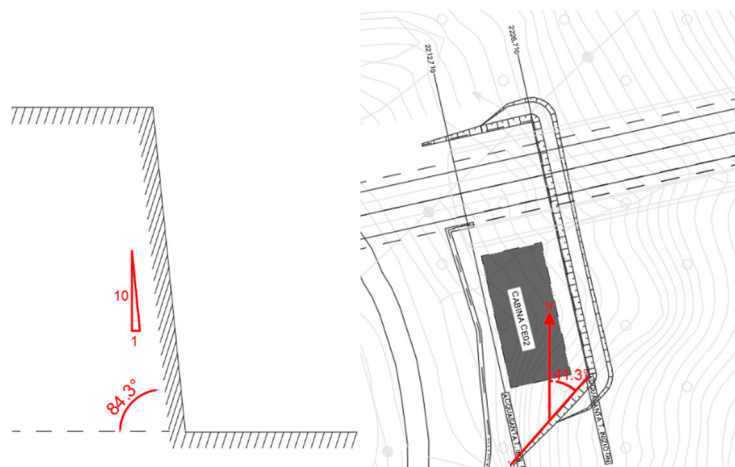
Per determinare la giacitura del versante in destra dell'imbocco GA03 è necessario definire i due parametri:

- 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 41°.



4.2.3 Versante in sinistra

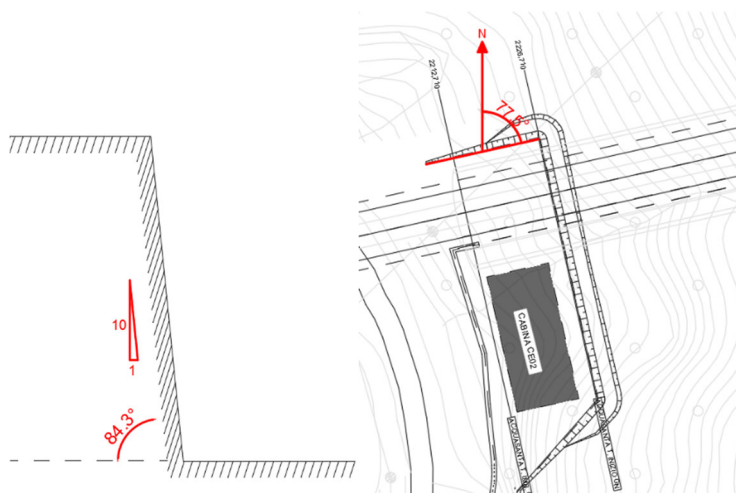
Per determinare la giacitura del versante in destra dell'imbocco GA03 è necessario definire i due parametri:

- 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 GA03 utilizzati per l'analisi di stabilità globale.

Tabella 4-3: Sintesi giaciture versanti imbocco GA03

	DIP [°]	DIP DIRECTION [°]
Fronte di scavo	84,3°	167,4°
Versante in destra	84,3°	41,3°
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 paragrafo 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 Acquasanta imbocco lato RM
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.

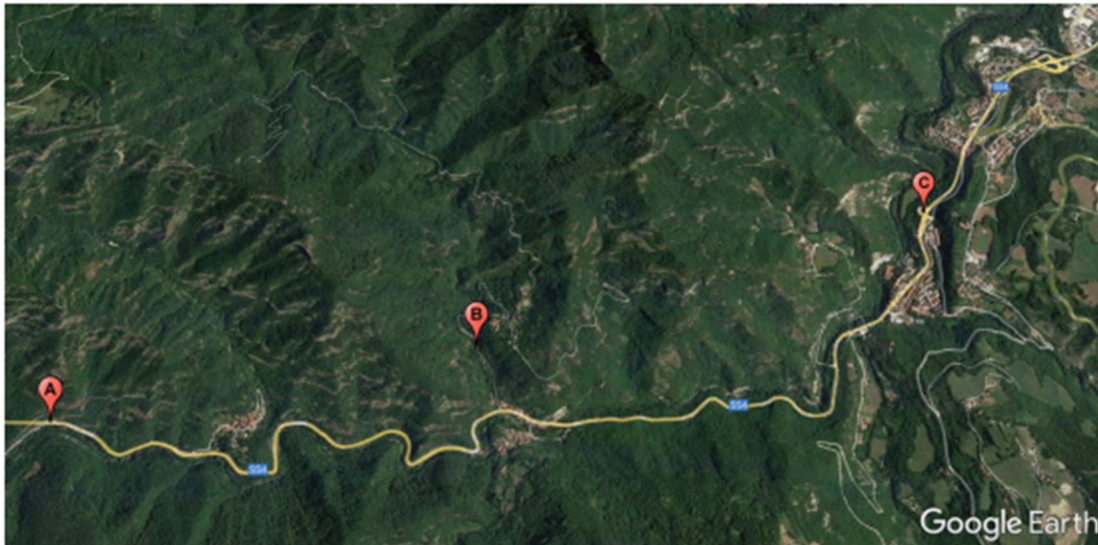


Figura 6-1: Punti investigati nel calcolo delle azioni sismiche

Ai fini delle analisi dell'opera GA03 sono stati considerati, allo SLV, i parametri spettrali ottenuti in corrispondenza del punto B per l'opera GA03:

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

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 GA03 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 $F_s=1$ 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

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

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	150

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-mata 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
- $f_{ctk0.05}$: $0,7 \times 0,30 \times f_{ck}^{2/3}$ (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 GA03 della galleria Favallancata 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 GA03 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.

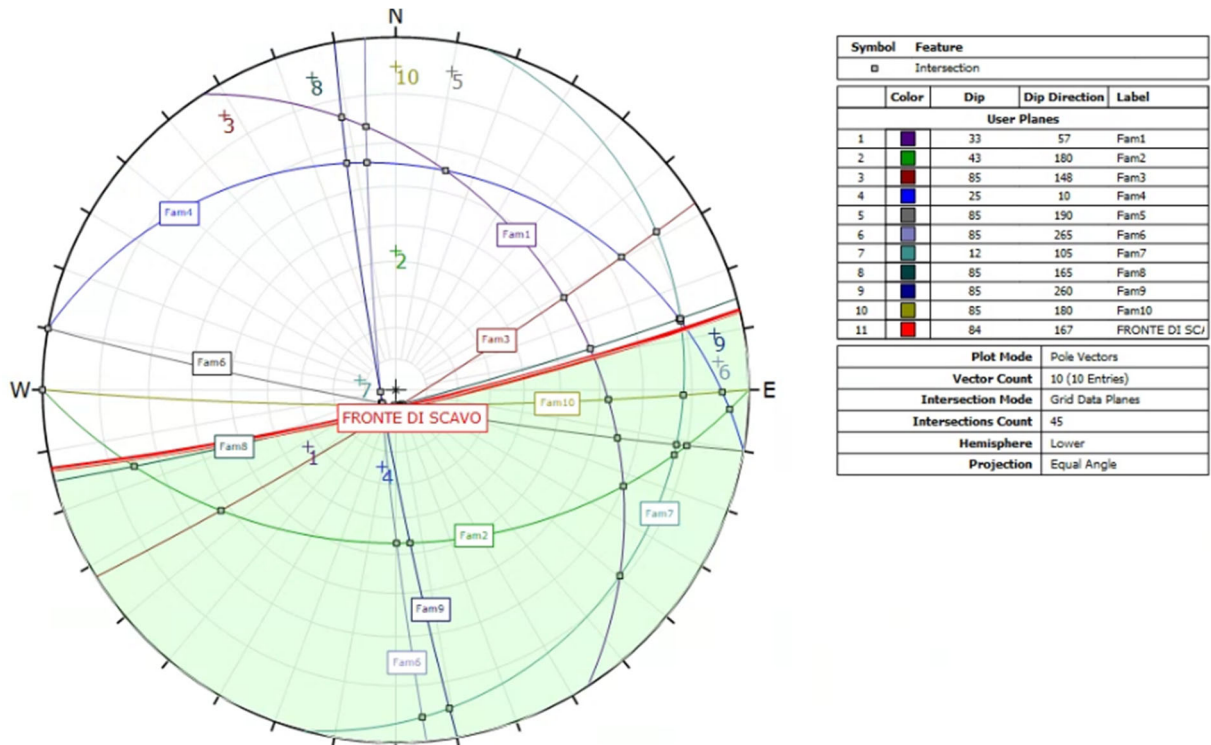
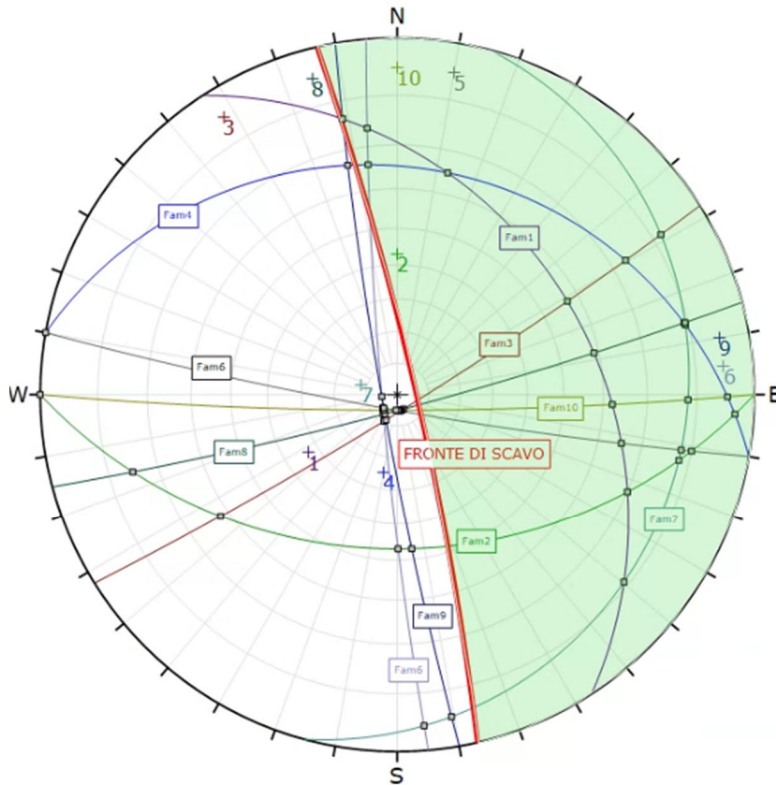
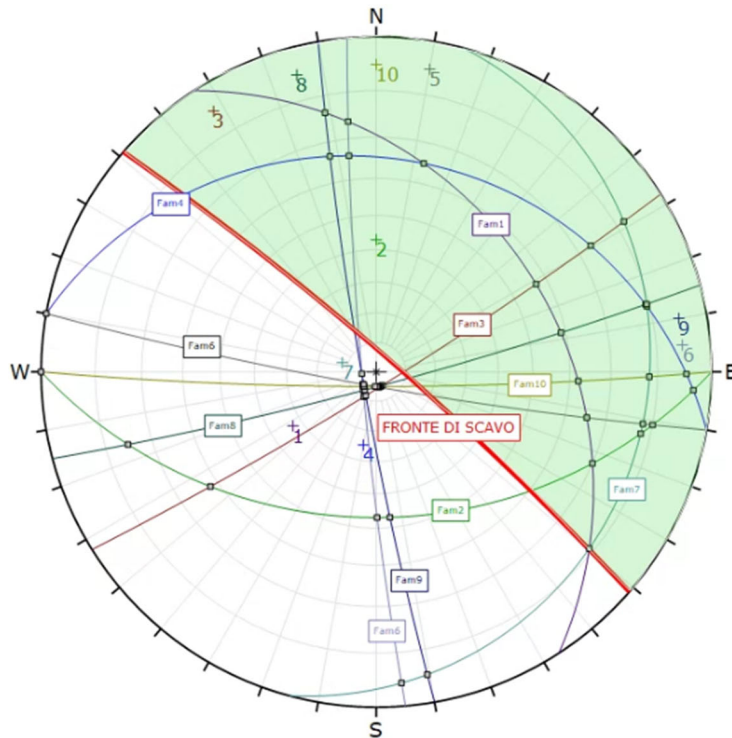


Figura 7-1: Meccanismi di scorrimento ammissibili sul fronte di scavo dell'imbocco GA03



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 in sinistra dell'imbocco GA03



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	41	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 7-3: Meccanismi di scorrimento ammissibili sul versante in destra dell'imbocco GA03

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 GA03 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.

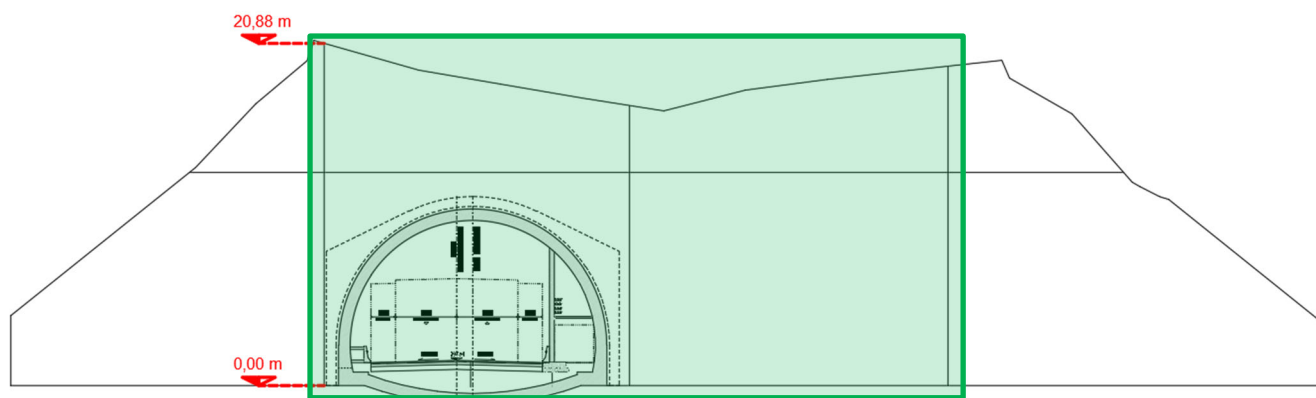


Figura 8-1: Sviluppata imbocco GA03-Fronte di scavo

Nella Tabella 8-1 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 GA03

VERSANTE	Altezza	21 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

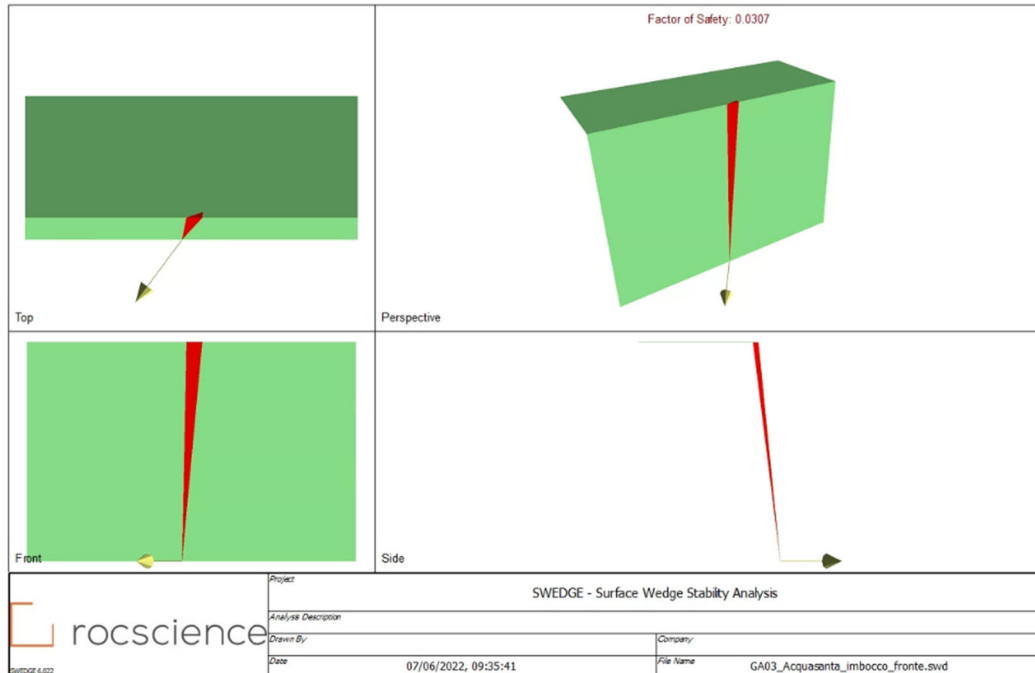


Figura 8-2: Cuneo con il minore FS del fronte di scavo dell'imbocco GA03

Tabella 8-2: Risultati analisi di stabilità sul fronte di scavo dell'imbocco GA03

FS = 0.03		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	2,87 m ³
	Peso	0,08 MN
PIANI DI SCORRIMENTO	Superficie 1: Fam3	DIP = 85°
		DIP DIRECTION = 148°
	Superficie 2: Fam9	DIP = 85°
		DIP DIRECTION = 260°

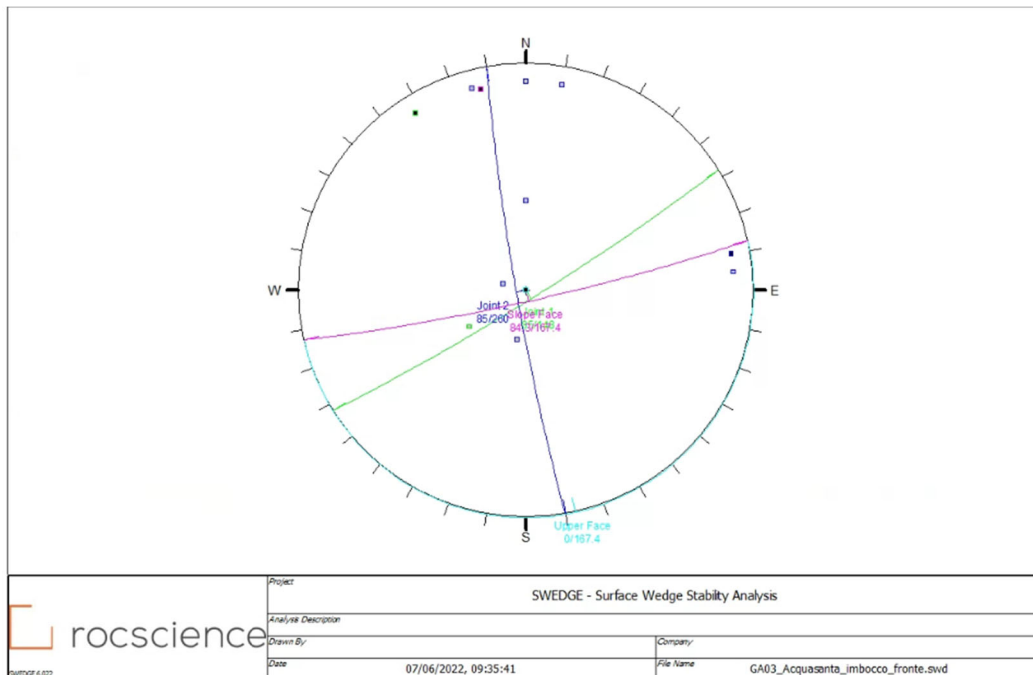


Figura 8-3: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del fronte di scavo dell'imbocco GA03

8.2 VERSANTE IN DESTRA

In Figura 8-4 è riportata la sviluppata del versante in destra GA03 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.

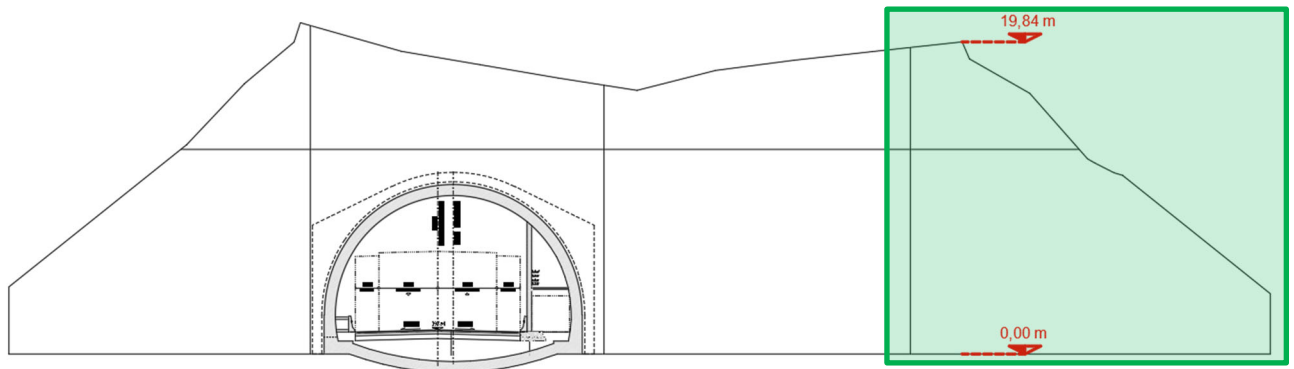


Figura 8-4: Sviluppata imbocco GA03-Versante in destra

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 ($FS > 1$).

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

Tabella 8-3: Sintesi parametri analisi di stabilità globale del versante in destra dell'imbocco GA03

VERSANTE	Altezza	20m
	DIP	84,3°
	DIP DIRECTION	41,3°
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

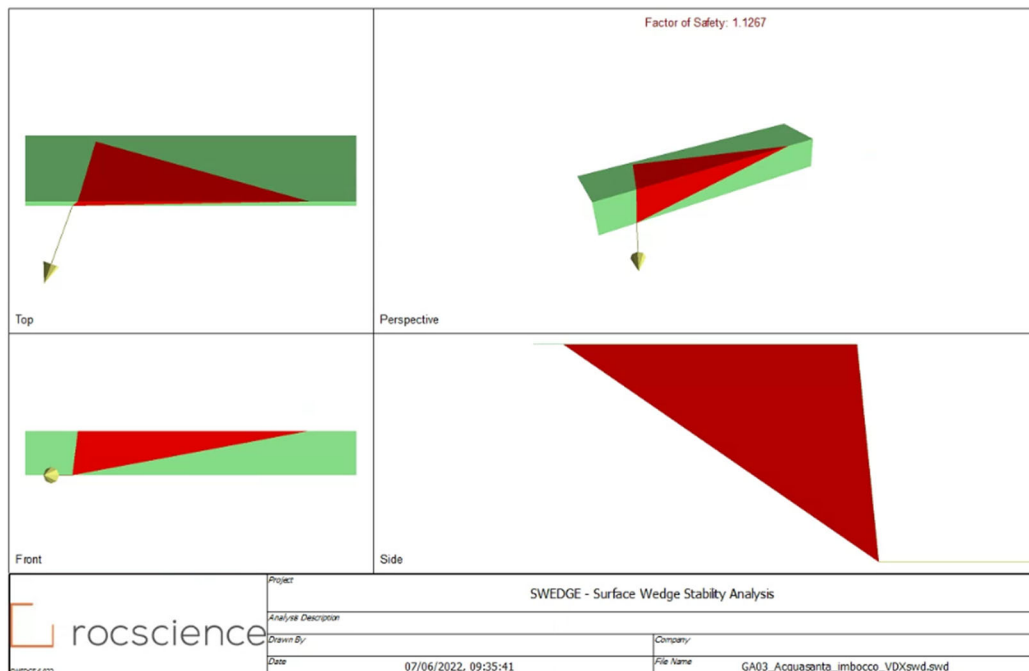


Figura 8-5: Cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA03

Tabella 8-4: Risultati analisi di stabilità versante in destra dell'imbocco GA03

FS = 1,1267		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	9396,97 m ³
	Peso	244,32 MN
PIANI DI SCORRIMENTO	Superficie 1: Fam1	DIP = 33°
		DIP DIRECTION = 57°
	Superficie 2: Fam3	DIP = 85°
		DIP DIRECTION = 148°

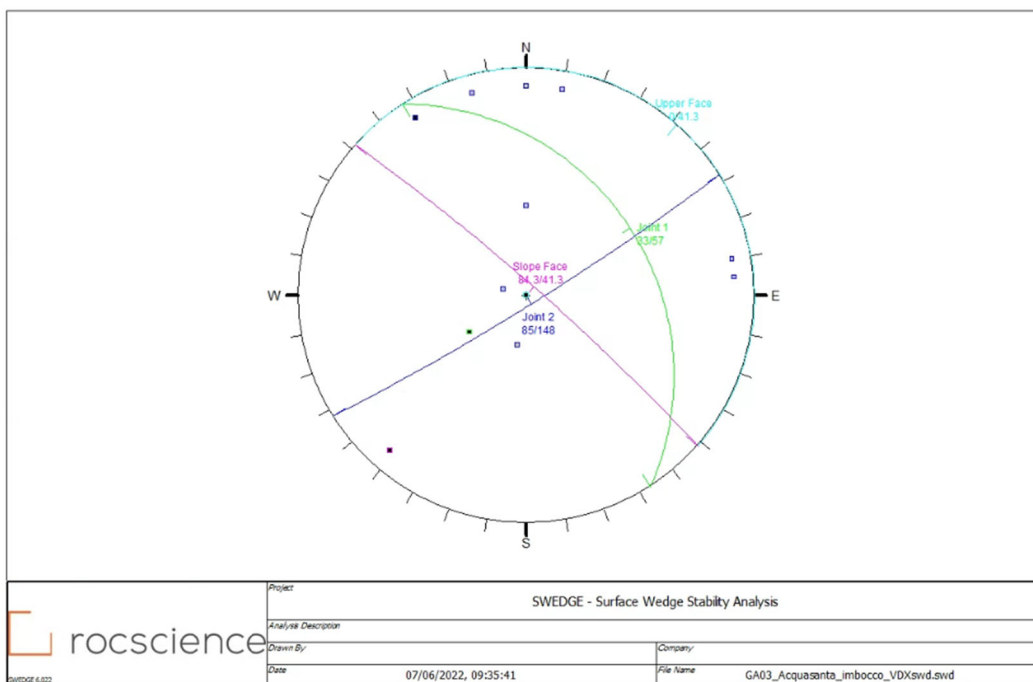


Figura 8-6: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA03

8.3 VERSANTE IN SINISTRA

In Figura 8-7 è riportata la sviluppata del versante in destra GA03 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.

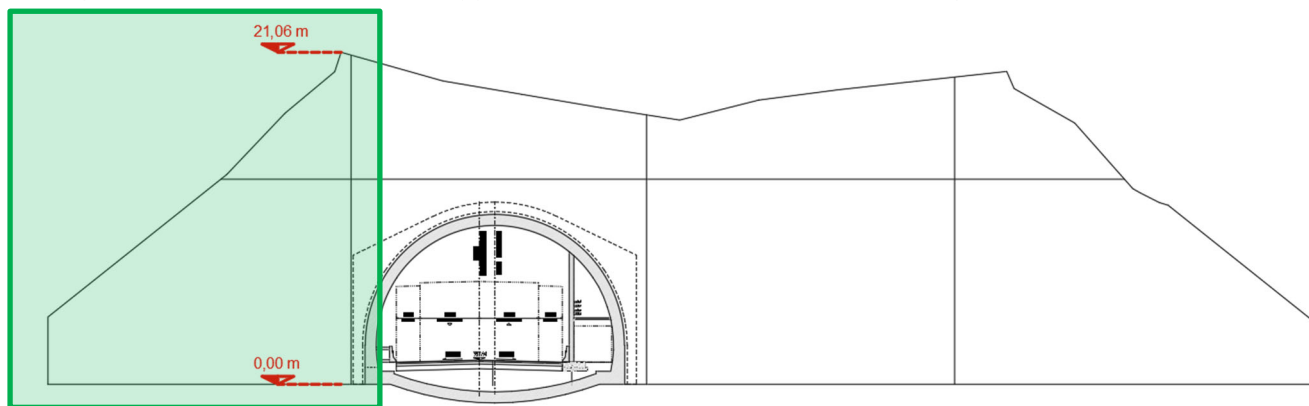


Figura 8-7: Sviluppata imbocco GA03-Versante in sinistra

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 GA03

VERSANTE	Altezza	21 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

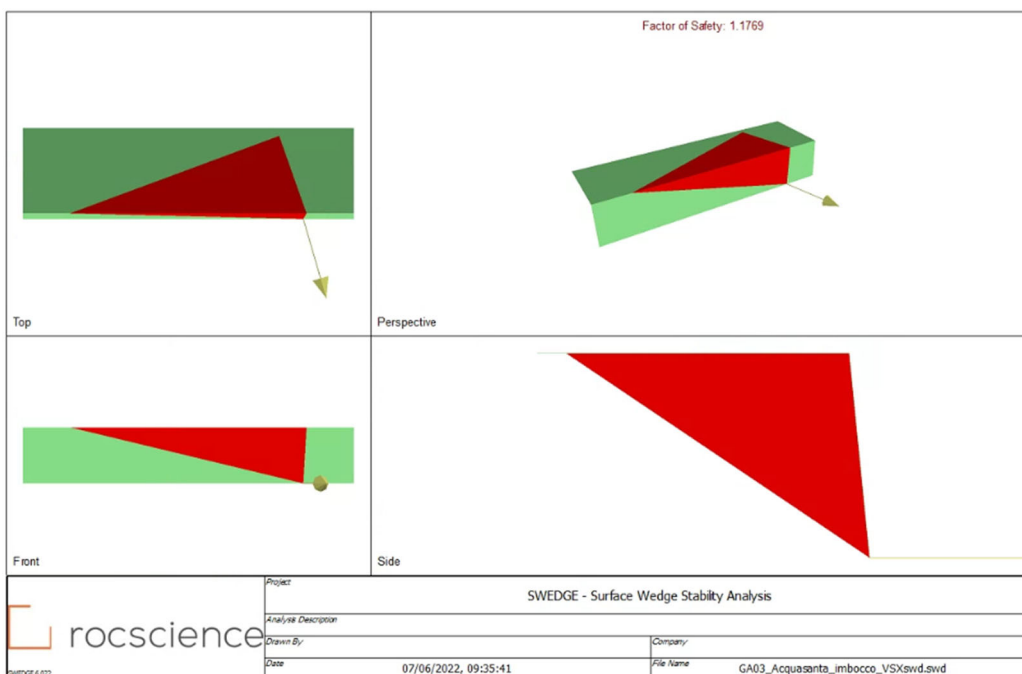


Figura 8-8: Cuneo con il minore FS del versante in sinistra dell'imbocco GA03

FS = 1,1769		
CARATTERISTICHE DEL CUNEO	Volume	7759,37 m ³
	Peso	201,74 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 GA03

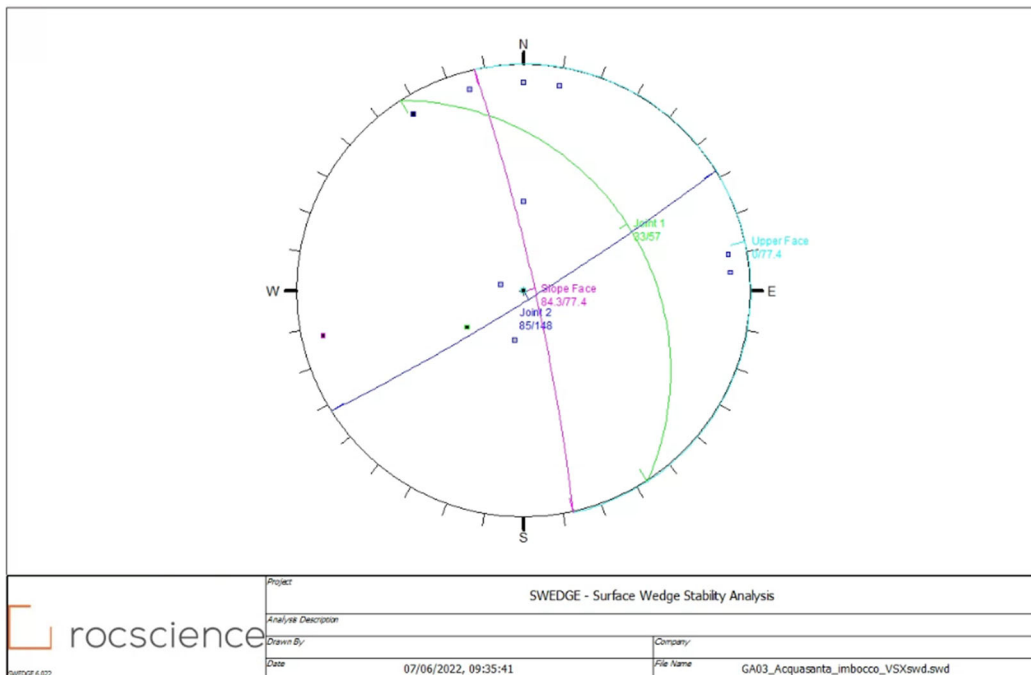


Figura 8-9: Reticolo stereografico del cuneo con il minore FS del versante in destra dell'imbocco GA03

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 GA03

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 GA03

Resistenza a rottura barra [kN]	177
Resistenza a sfilamento (malta-acciaio) [kN]	65,97
Resistenza a sfilamento (malta-terreno) [kN]	9,16

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

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

In cui $R_{min} = 9,16 \text{ kN}$ e $A = 2,25 \text{ m}$ (area di incidenza del singolo chiodo), ottenendo quindi $P = 4,07 \text{ kPa}$. 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 GA03, 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 GA03

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 GA03

Resistenza a rottura barra [kN]	177
Resistenza a sfilamento (malta-acciaio) [kN]	42,41
Resistenza a sfilamento (malta-terreno) [kN]	3,93

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

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

In cui $R_{min} = 3,93 \text{ kN}$ e $A = 9 \text{ m}$ (area di incidenza del singolo chiodo), ottenendo quindi

$P = 0,44 \text{ kPa}$. 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

	GA03
Condizione statica	4.595
Condizione sismica	3.634

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.

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

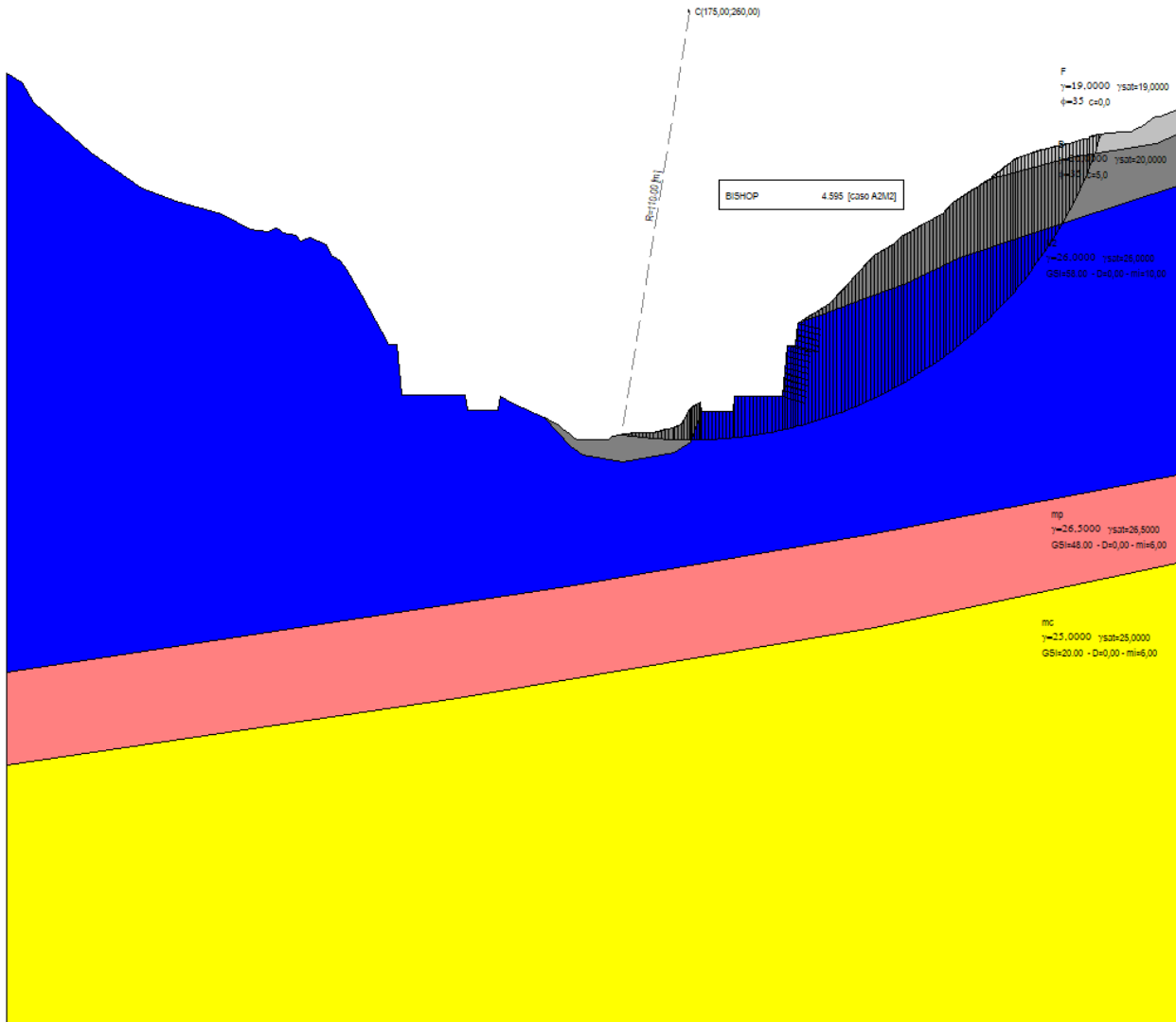


Figura 10-1: Verifica di stabilità globale imbocco GA02 – Condizioni statiche – FS = 4.595

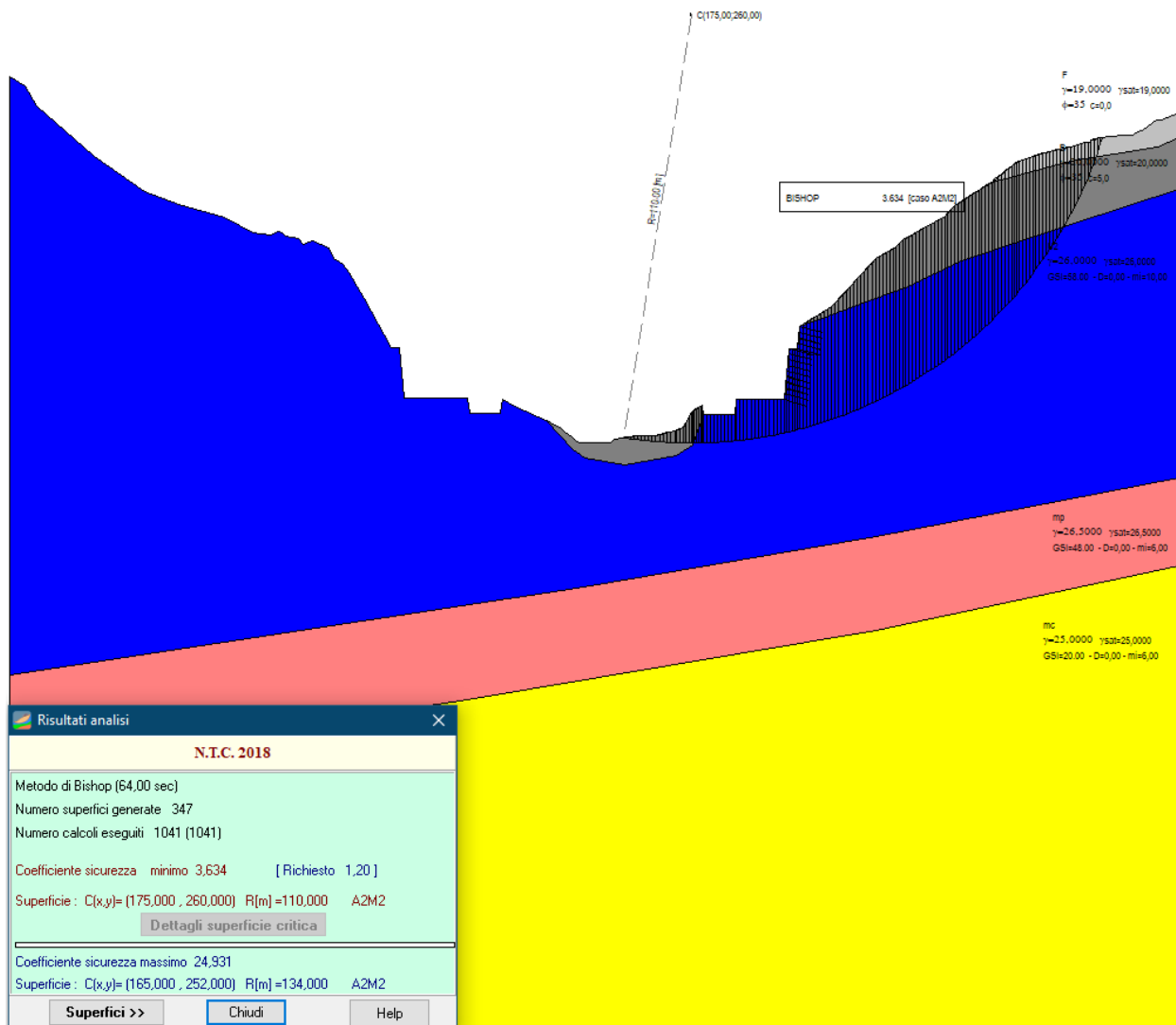


Figura 10-2: Verifica di stabilità globale imbocco GA02 – Condizioni sismiche – FS = 3.634

11 ALLEGATI


11.1 ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – PRE INTERVENTO

Swedge Analysis Information	
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Project Summary	
File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.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	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	File Name
07/06/2022, 09:35:41	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd


Safety Factor	0.0307337	
Wedge height (on slope) [m]	21	
Bench width (on upper face) [m]	0.541627	
Wedge volume [m3]	2.86902	
Wedge weight [MN]	0.0745946	
Wedge area (joint1) [m2]	17.1869	
Wedge area (joint2) [m2]	5.71469	
Wedge area (slope) [m2]	15.9701	
Wedge area (upper face) [m2]	0.40986	
Effective Normal and Strength Properties		
	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	0.000	0.000
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]	0.0754276	
Resisting force [MN]	0.00231817	
Seismic Force		
Seismic force [MN]	0.0111892	
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	File Name	
07/06/2022, 09:35:41	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd	


Sliding on intersection line (joints 1 & 2)																
Joint Sets 1&2 line of Intersection																
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]														
81.108	204.000	21.255														
Trace Lengths																
Slope Face [m]	Upper Face [m]															
Joint 1	21.109	1.631														
Joint 2	21.193	0.542														
Persistence																
Joint 1 [m]	21.2555															
Joint 2 [m]	21.2555															
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																
<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">rocscience</td> <td>Project</td> <td colspan="2">SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis</td> </tr> <tr> <td>Analysis Description</td> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Drawn By</td> <td> </td> <td>Company</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>07/06/2022, 09:35:41</td> <td>File Name</td> <td>GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd</td> </tr> </table>			rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		Analysis Description			Drawn By		Company	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd
rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis														
	Analysis Description															
	Drawn By			Company												
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd												


Dip [deg]	Dip Direction [deg]															
Joint Set 1	85.000	148.000														
Joint Set 2	85.000	260.000														
Slope	84.300	167.400														
Upper Face	0.000	167.400														
Joint Set 1 Data																
JRC	10															
JCS [MPa]	6.25															
Phir [deg]	27															
Waviness Angle [deg]	0															
Joint Set 2 Data																
JRC	10															
JCS [MPa]	6.25															
Phir [deg]	27															
Waviness Angle [deg]	0															
Slope Data																
Slope height [m]	21															
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																
<table border="1"> <tr> <td rowspan="4">rocscience</td> <td>Project</td> <td colspan="2">SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis</td> </tr> <tr> <td>Analysis Description</td> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Drawn By</td> <td> </td> <td>Company</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>07/06/2022, 09:35:41</td> <td>File Name</td> <td>GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd</td> </tr> </table>			rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		Analysis Description			Drawn By		Company	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd
rocscience	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis														
	Analysis Description															
	Drawn By			Company												
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd												

Direction: line of intersection J1 e 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	-0.046 2.137 21.000
234	1.431 2.468 21.000
123	1.336 3.002 21.000
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: GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd

11.2 ANALISI DI STABILITÀ FRONTE DI SCAVO – POST INTERVENTO

Swedge Analysis Information	
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Project Summary	
File Name GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.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 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: GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd

Safety Factor	0.875744	
Wedge height (on slope) [m]	21	
Bench width (on upper face) [m]	19.9088	
Wedge volume [m3]	6391.34	
Wedge weight [MN]	166.175	
Wedge area (joint1) [m2]	1405.11	
Wedge area (joint2) [m2]	211.7	
Wedge area (slope) [m2]	967.879	
Wedge area (upper face) [m2]	913.049	
Effective Normal and Strength Properties		
	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	107.268	0.390
Effective Normal stress [MPa]	0.076	0.002
Shear Strength [MPa]	0.079	0.004
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000
Driving force [MN]	131.56	
Resisting force [MN]	115.213	
Seismic Force		
Seismic force [MN]	24.9262	
Pressure		
Face	Trend [deg]	Plunge [deg]
Slope Face	0.000	0.000
Mode	Pressure [MPa]	
Passive	0.004	
Failure Mode		
		
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description		
Drawn By	Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name
		GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd

Sliding on intersection line (joints 1 & 2)		
Joint Sets 1&2 line of Intersection		
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
43.000	179.680	30.792
Trace Lengths		
Slope Face [m]	Upper Face [m]	
Joint 1	96.200	91.265
Joint 2	21.212	20.085
Persistence		
Joint 1 [m]	96.1999	
Joint 2 [m]	30.7921	
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		
		
Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Analysis Description		
Drawn By	Company	
Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name
		GA03_Acquasanta_imbocco_fronte.swd

	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] 6.25
Phi [deg] 27
Waviness Angle [deg] 0


Joint Set 2 Data

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

Slope Data

Slope height [m] 21
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]: 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	91.139	22.520	21.000
234	1.625	2.511	21.000
123	-0.126	22.520	21.000


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


11.3 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – PRE INTERVENTO

Swedge Analysis Information	
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis	
Project Summary	
File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.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	22
Number of Invalid Wedges	23
Number of Failed Wedges	0
Number of Stable Wedges	22
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	GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd


Safety Factor	1.12675															
Wedge height (on slope) [m]	20															
Bench width (on upper face) [m]	27.033															
Wedge volume [m3]	9396.97															
Wedge weight [MN]	244.321															
Wedge area (joint1) [m2]	1834.24															
Wedge area (joint2) [m2]	283.312															
Wedge area (slope) [m2]	1048.01															
Wedge area (upper face) [m2]	1409.55															
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>185.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Effective Normal stress [MPa]</td> <td>0.101</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Shear Strength [MPa]</td> <td>0.101</td> <td>0.000</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]	185.000	0.000	Effective Normal stress [MPa]	0.101	0.000	Shear Strength [MPa]	0.101	0.000	Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000
	Joint 1	Joint 2														
Effective Normal force [MN]	185.000	0.000														
Effective Normal stress [MPa]	0.101	0.000														
Shear Strength [MPa]	0.101	0.000														
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000														
Driving force [MN]	163.741															
Resisting force [MN]	184.495															
Seismic Force																
Seismic force [MN]	36.6482															
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	GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd															

Sliding on joint1		
Joint Sets 1&2 line of Intersection		
Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	36.793
Trace Lengths		
	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	108.585	99.900
Joint 2	20.245	28.223
Persistence		
Joint 1 [m]	108.585	
Joint 2 [m]	36.7928	
Intersection Angles		
	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	72.451	91.000
Joint 1 & Crest	10.667	15.700
Joint 2 & Crest	96.882	73.300
Dip and Dip Direction		
		
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description		
Drawn By	Company	
Date: 07/06/2022, 09:35:41	File Name: GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd	

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000	57.000
Joint Set 2	85.000	148.000
Slope	84.300	41.300
Upper Face	0.000	41.300
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]	20	
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: GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.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	-81.484	68.928	20.000
234	-3.140	0.101	20.000
123	-27.075	-14.855	20.000
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 GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd

11.4 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN DESTRA – POST INTERVENTO

Swedge Analysis Information			
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis			
Project Summary			
File Name GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.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 22			
Number of Invalid Wedges 23			
Number of Failed Wedges 0			
Number of Stable Wedges 22			
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 GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd

Safety Factor	1.12675
Wedge Height (on slope) [m]	20
Bench width (on upper face) [m]	27.033
Wedge volume [m3]	9396.97
Wedge weight [MN]	244.321
Wedge area (joint1) [m2]	1834.24
Wedge area (joint2) [m2]	283.312
Wedge area (slope) [m2]	1048.01
Wedge area (upper face) [m2]	1409.55

Effective Normal and Strength Properties

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	185.000	0.000
Effective Normal stress [MPa]	0.101	0.000
Shear Strength [MPa]	0.101	0.000
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000

Driving force [MN] 163.741
Resisting force [MN] 184.495


Seismic Force

Seismic force [MN] 36.6482

Pressure

Face	Trend [deg]	Plunge [deg]	Mode	Pressure [MPa]
Slope Face	0.000	0.000	Passive	0.001

Failure Mode

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
	Analysis Description			
	Drawn By			Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd

Sliding on joint1

Joint Sets 1&2 line of Intersection

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
32.928	61.248	36.793

Trace Lengths

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	108.585	99.900
Joint 2	20.245	28.223


Persistence

Joint 1 [m] 108.585
Joint 2 [m] 36.7928

Intersection Angles

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	72.451	91.000
Joint 1 & Crest	10.667	15.700
Joint 2 & Crest	96.882	73.300

Dip and Dip Direction

	Project	SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
	Analysis Description			
	Drawn By			Company
	Date	07/06/2022, 09:35:41	File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_VDXswd.swd

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	33.000	57.000
Joint Set 2	85.000	148.000
Slope	84.300	41.300
Upper Face	0.000	41.300

Joint Set 1 Data

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


Joint Set 2 Data

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

Slope Data

Slope height [m] 20
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	-81.484	68.928	20.000
234	-3.140	0.101	20.000
123	-27.075	-14.855	20.000

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	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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	File Name
07/06/2022, 09:35:41	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.swd


Safety Factor	1.17693		
Wedge height (on slope) [m]	20		
Bench width (on upper face) [m]	27.6669		
Wedge volume [m3]	7759.37		
Wedge weight [MN]	201.744		
Wedge area [joint1] [m2]	1457.33		
Wedge area [joint2] [m2]	294.443		
Wedge area [slope] [m2]	845.551		
Wedge area [upper face] [m2]	1163.91		
Effective Normal and Strength Properties			
	Joint 1	Joint 2	
Effective Normal force [MN]	152.367	6.181	
Effective Normal stress [MPa]	0.105	0.021	
Shear Strength [MPa]	0.104	0.027	
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000	
Driving force [MN]	135.065		
Resisting force [MN]	158.961		
Seismic Force			
Seismic force [MN]	30.2615		
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	File Name		
07/06/2022, 09:35:41	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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	36.793
Trace Lengths		
	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	85.384	79.372
Joint 2	20.132	29.332
Persistence		
Joint 1 [m]	85.3844	
Joint 2 [m]	36.7928	
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: GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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]	20	
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: GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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	16.154 -81.422 20.000			
234	-2.200 0.689 20.000			
123	-27.075 -14.855 20.000			
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	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.swd

11.6 ANALISI DI STABILITÀ VERSANTE IN SINISTRA – POST INTERVENTO

Swedge Analysis Information				
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis				
Project Summary				
File Name	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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	GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.swd

Safety Factor	1.17828	
Wedge Height (on slope) [m]	20	
Bench width (on upper face) [m]	27.6669	
Wedge volume [m3]	7759.37	
Wedge weight [MN]	201.744	
Wedge area (joint1) [m2]	1457.33	
Wedge area (joint2) [m2]	294.443	
Wedge area (slope) [m2]	845.551	
Wedge area (upper face) [m2]	1163.91	
Effective Normal and Strength Properties		
	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [MN]	152.075	6.899
Effective Normal stress [MPa]	0.104	0.023
Shear Strength [MPa]	0.104	0.029
Strength due to Waviness [MPa]	0.000	0.000
Driving force [MN]	135.065	
Resisting force [MN]	159.144	
Seismic Force		
Seismic force [MN]	30.2615	
Pressure		
Face	Trend [deg]	Plunge [deg]
Slope Face	0.000	0.000
Mode	Pressure [MPa]	
Passive	0.001	
Failure Mode		
Project: SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis		
Analysis Description:		
Drawn By:		Company:
Date:	07/06/2022, 09:35:41	File Name:
		GA03_Acquasanta_imbocco_VSKswd.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	36.793
Trace Lengths		
Slope Face [m]	Upper Face [m]	
Joint 1	85.384	79.372
Joint 2	20.132	29.332
Persistence		
Joint 1 [m]	85.3844	
Joint 2 [m]	36.7928	
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:
		GA03_Acquasanta_imbocco_VSKswd.swd

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
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] 20
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 GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.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	16.154	-81.422	20.000
234	-2.200	0.689	20.000
123	-27.075	-14.855	20.000

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 GA03_Acquasanta_imbocco_VSXswd.swd

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.

Critero 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 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	244,20
2	3,90	241,80
3	7,00	236,70
4	21,70	223,70
5	34,60	214,60
6	43,40	211,20
7	55,00	208,00
8	62,40	204,10
9	67,00	203,50
10	69,00	204,30
11	70,20	203,80
12	70,90	203,00
13	74,20	202,60
14	75,20	200,90
15	77,70	201,90
16	81,90	200,20
17	83,00	197,50
18	85,60	195,90
19	87,10	193,70
20	91,00	187,10
21	97,90	174,60
22	99,90	174,60
23	101,20	161,60
24	117,50	161,60
25	118,00	157,50
26	126,00	157,50
27	126,40	161,10

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

n°	X [m]	Y [m]
28	129,00	159,60
29	132,20	158,30
30	135,40	156,70
31	137,55	155,92
32	137,60	155,90
33	139,00	155,20
34	140,40	154,20
35	141,20	153,90
36	142,60	152,90
37	144,30	151,50
38	145,60	150,50
39	146,50	150,00
40	154,20	150,00
41	155,10	151,00
42	161,10	152,00
43	165,80	152,00
44	170,70	153,10
45	172,80	154,00
46	175,00	158,00
47	176,80	159,20
48	177,80	159,60
49	178,00	157,20
50	186,00	157,20
51	186,40	161,10
52	198,80	161,10
53	200,10	174,10
54	202,10	174,10
55	202,70	180,00
56	210,90	184,90
57	222,20	197,30
58	227,50	200,40
59	229,30	202,10
60	240,00	208,30
61	242,40	211,00
62	248,70	215,00
63	252,00	217,10
64	257,10	221,30
65	258,30	222,10
66	260,70	223,10
67	261,60	223,40
68	267,90	225,10
69	272,30	226,10
70	275,90	227,20
71	277,50	227,20
72	277,50	227,70
73	279,90	228,50
74	285,40	228,90
75	288,30	228,90
76	289,60	229,80
77	290,80	230,10
78	294,20	233,00
79	295,40	233,00
80	300,00	234,70

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	300,00	99,40
2	300,00	118,30
3	222,30	102,00
4	115,60	83,70
5	0,00	66,50
6	0,00	51,00
7	0,00	0,00
8	300,00	0,00

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 Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

n°	X [m]	Y [m]
1	178,00	157,20
2	177,80	159,60
3	176,80	159,20
4	175,00	158,00
5	172,80	154,00
6	170,70	153,10
7	165,80	152,00
8	161,10	152,00
9	155,10	151,00
10	154,20	150,00
11	146,50	150,00
12	145,60	150,50
13	144,30	151,50
14	142,60	152,90
15	141,20	153,90
16	140,40	154,20
17	139,00	155,20
18	137,60	155,90
19	137,55	155,92
20	144,70	148,20
21	147,70	146,30
22	157,70	144,20
23	171,20	146,70
24	175,40	149,60

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	300,00	228,30
2	300,00	234,70
3	295,40	233,00
4	294,20	233,00
5	290,80	230,10
6	289,60	229,80
7	288,30	228,90
8	285,40	228,90
9	279,90	228,50
10	277,50	227,70
11	277,50	227,20
12	275,90	227,20
13	272,30	226,10
14	267,90	225,10
15	261,60	223,40
16	260,70	223,10
17	258,30	222,10
18	257,10	221,30
19	252,00	217,10
20	272,30	222,50
21	294,50	226,00

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X [m]	Y [m]
1	300,00	215,30
2	300,00	228,30
3	294,50	226,00
4	272,30	222,50
5	252,00	217,10
6	248,70	215,00
7	242,40	211,00
8	240,00	208,30
9	229,30	202,10
10	227,50	200,40
11	222,20	197,30
12	210,90	184,90
13	202,70	180,00
14	222,30	187,10
15	229,80	189,80
16	244,30	196,80
17	272,30	206,00

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

PROGETTO DEFINITIVO

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X [m]	Y [m]
1	300,00	140,90
2	300,00	215,30
3	272,30	206,00
4	244,30	196,80
5	229,80	189,80
6	222,30	187,10
7	202,70	180,00
8	202,10	174,10
9	200,10	174,10
10	198,80	161,10
11	186,40	161,10
12	186,00	157,20
13	178,00	157,20
14	175,40	149,60
15	171,20	146,70
16	157,70	144,20
17	147,70	146,30
18	144,70	148,20
19	137,55	155,92
20	135,40	156,70
21	132,20	158,30
22	129,00	159,60
23	126,40	161,10
24	126,00	157,50
25	118,00	157,50
26	117,50	161,60
27	101,20	161,60
28	99,90	174,60
29	97,90	174,60
30	91,00	187,10
31	87,10	193,70
32	85,60	195,90
33	83,00	197,50
34	81,90	200,20
35	77,70	201,90
36	75,20	200,90
37	74,20	202,60
38	70,90	203,00
39	70,20	203,80
40	69,00	204,30
41	67,00	203,50
42	62,40	204,10
43	55,00	208,00
44	43,40	211,20
45	34,60	214,60
46	21,70	223,70
47	7,00	236,70
48	3,90	241,80
49	0,00	244,20
50	0,00	90,30
51	145,60	112,80
52	222,40	126,00

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

Coordinate dei vertici dello strato n° 6

n°	X [m]	Y [m]
1	300,00	118,30
2	300,00	140,90
3	222,40	126,00
4	145,60	112,80
5	0,00	90,30
6	0,00	66,50
7	115,60	83,70
8	222,30	102,00

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 15

Cordolo tirantato -

Ascissa sul profilo	198,80	m
Posizione sul cordolo	161,10	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	198,95	m
Posizione sul cordolo	162,60	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	199,10	m
Posizione sul cordolo	164,10	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	199,25	m
Posizione sul cordolo	165,60	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 -

PROGETTO DEFINITIVO

Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

Ascissa sul profilo	199,40	m
Posizione sul cordolo	167,10	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	199,55	m
Posizione sul cordolo	168,60	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	199,70	m
Posizione sul cordolo	170,10	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	199,85	m
Posizione sul cordolo	171,60	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	200,00	m
---------------------	--------	---

PROGETTO DEFINITIVO

Direzione Progettazione e
Realizzazione Lavori

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

Posizione sul cordolo	173,10	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	200,15	m
Posizione sul cordolo	174,10	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	202,10	m
Posizione sul cordolo	174,10	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	202,25	m
Posizione sul cordolo	175,58	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
Posizione sul cordolo	177,05	m

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

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	178,53	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	180,00	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

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]	2.864	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]	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
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T2	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)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S)$	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]	$X_0 = 165,00$	$Y_0 = 250,00$
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

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

- 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	1041
Coefficiente di sicurezza minimo	3.634
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
BISHOP	1041	3.634	1	24.931	1041

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	175,00	260,00	110,00	157,50	280,40	2701,49	3,634 (B)	[A2M2]	[SLV] H -V
286	C	175,00	260,00	110,00	157,50	280,40	2701,49	4,595 (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_{sd} 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_{sy}, E_{sd} forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN
 X_{sd}, X_{sd} 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	149	
Coordinate del centro	X[m]= 175,00	Y[m]= 260,00
Raggio del cerchio	R[m]= 110,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 157,50	Y _v [m]= 151,40
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 280,40	Y _m [m]= 228,54

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	157,50	151,40	151,40	157,70	151,43	151,37	157,63	151,40	0,20	-9,10	35,00	5,0
2	157,70	151,43	151,37	158,55	151,58	151,24	158,22	151,40	0,86	-8,82	35,00	5,0
3	158,55	151,58	151,24	159,40	151,72	151,11	159,02	151,41	0,86	-8,38	35,00	5,0
4	159,40	151,72	151,11	160,25	151,86	150,99	159,85	151,42	0,86	-7,93	35,00	5,0
5	160,25	151,86	150,99	161,10	152,00	150,88	160,69	151,43	0,86	-7,48	35,00	5,0
6	161,10	152,00	150,88	162,04	152,00	150,77	161,58	151,41	0,95	-7,01	35,00	5,0
7	162,04	152,00	150,77	162,98	152,00	150,66	162,52	151,36	0,95	-6,52	35,00	5,0
8	162,98	152,00	150,66	163,92	152,00	150,56	163,46	151,30	0,95	-6,03	35,00	5,0
9	163,92	152,00	150,56	164,86	152,00	150,47	164,39	151,26	0,94	-5,54	35,00	5,0
10	164,86	152,00	150,47	165,80	152,00	150,39	165,33	151,21	0,94	-5,04	35,00	5,0
11	165,80	152,00	150,39	166,78	152,22	150,31	166,30	151,23	0,98	-4,54	35,00	5,0
12	166,78	152,22	150,31	167,76	152,44	150,24	167,28	151,30	0,98	-4,03	35,00	5,0
13	167,76	152,44	150,24	168,74	152,66	150,18	168,26	151,38	0,98	-3,52	35,00	5,0
14	168,74	152,66	150,18	169,72	152,88	150,13	169,24	151,46	0,98	-3,01	35,00	5,0
15	169,72	152,88	150,13	170,70	153,10	150,08	170,22	151,55	0,98	-2,50	35,00	5,0
16	170,70	153,10	150,08	171,20	153,31	150,07	170,95	151,64	0,50	-2,11	35,00	5,0
17	171,20	153,31	150,07	172,00	153,66	150,04	171,61	151,77	0,80	-1,77	35,00	5,0
18	172,00	153,66	150,04	172,80	154,00	150,02	172,41	151,93	0,80	-1,35	35,00	5,0
19	172,80	154,00	150,02	173,53	155,33	150,01	173,18	152,36	0,73	-0,95	35,00	5,0
20	173,53	155,33	150,01	174,27	156,67	150,00	173,91	153,02	0,73	-0,57	35,00	5,0
21	174,27	156,67	150,00	175,00	158,00	150,00	174,64	153,68	0,73	-0,19	35,00	5,0
22	175,00	158,00	150,00	175,40	158,27	150,00	175,20	154,07	0,40	0,10	35,00	5,0
23	175,40	158,27	150,00	175,54	158,36	150,00	175,47	154,16	0,14	0,24	35,00	5,0
24	175,54	158,36	150,00	176,10	158,73	150,01	175,82	154,28	0,56	0,43	60,00	515,8
25	176,10	158,73	150,01	176,80	159,20	150,01	176,45	154,49	0,70	0,76	59,65	520,7
26	176,80	159,20	150,01	177,30	159,40	150,02	177,05	154,66	0,50	1,07	59,35	525,0
27	177,30	159,40	150,02	177,80	159,60	150,04	177,55	154,77	0,50	1,33	59,12	528,4
28	177,80	159,60	150,04	178,00	157,20	150,04	177,90	154,25	0,20	1,51	59,43	523,8
29	178,00	157,20	150,04	178,89	157,20	150,07	178,44	153,63	0,89	1,79	59,91	517,0
30	178,89	157,20	150,07	179,78	157,20	150,10	179,33	153,64	0,89	2,26	59,95	516,5
31	179,78	157,20	150,10	180,67	157,20	150,15	180,22	153,66	0,89	2,72	60,03	515,5
32	180,67	157,20	150,15	181,56	157,20	150,20	181,11	153,69	0,89	3,18	60,09	514,7
33	181,56	157,20	150,20	182,44	157,20	150,25	182,00	153,71	0,89	3,65	60,14	514,0
34	182,44	157,20	150,25	183,33	157,20	150,32	182,89	153,74	0,89	4,11	60,23	512,9
35	183,33	157,20	150,32	184,22	157,20	150,39	183,78	153,78	0,89	4,58	60,28	512,3
36	184,22	157,20	150,39	185,11	157,20	150,47	184,67	153,81	0,89	5,04	60,37	511,2
37	185,11	157,20	150,47	186,00	157,20	150,55	185,55	153,85	0,89	5,51	60,42	510,6
38	186,00	157,20	150,55	186,40	161,10	150,59	186,21	154,93	0,40	5,84	59,50	522,8
39	186,40	161,10	150,59	187,35	161,10	150,70	186,88	155,87	0,96	6,20	58,65	536,2
40	187,35	161,10	150,70	188,31	161,10	150,81	187,83	155,93	0,96	6,70	58,74	534,6
41	188,31	161,10	150,81	189,26	161,10	150,93	188,78	155,98	0,96	7,20	58,82	533,4
42	189,26	161,10	150,93	190,22	161,10	151,06	189,74	156,05	0,96	7,70	58,94	531,4
43	190,22	161,10	151,06	191,17	161,10	151,19	190,69	156,11	0,96	8,20	59,01	530,2
44	191,17	161,10	151,19	192,12	161,10	151,34	191,64	156,18	0,96	8,70	59,12	528,4
45	192,12	161,10	151,34	193,08	161,10	151,50	192,60	156,26	0,97	9,21	59,22	526,9
46	193,08	161,10	151,50	194,03	161,10	151,66	193,55	156,34	0,97	9,71	59,35	525,0
47	194,03	161,10	151,66	194,98	161,10	151,83	194,51	156,42	0,97	10,22	59,43	523,8
48	194,98	161,10	151,83	195,94	161,10	152,01	195,46	156,51	0,97	10,72	59,56	522,0
49	195,94	161,10	152,01	196,89	161,10	152,20	196,41	156,60	0,97	11,23	59,69	520,1
50	196,89	161,10	152,20	197,85	161,10	152,40	197,37	156,70	0,97	11,73	59,82	518,3
51	197,85	161,10	152,40	198,80	161,10	152,61	198,32	156,80	0,98	12,24	59,95	516,5
52	198,80	161,10	152,61	199,45	167,60	152,75	199,15	156,87	0,67	12,67	58,59	537,3
53	199,45	167,60	152,75	200,10	174,10	152,90	199,79	161,94	0,67	13,02	56,31	584,2
54	200,10	174,10	152,90	200,77	174,10	153,06	200,43	163,54	0,69	13,37	55,37	608,2
55	200,77	174,10	153,06	201,43	174,10	153,22	201,10	163,62	0,69	13,73	55,45	606,1
56	201,43	174,10	153,22	202,10	174,10	153,39	201,77	163,70	0,69	14,08	55,51	604,4
57	202,10	174,10	153,39	202,70	180,00	153,54	202,41	165,32	0,62	14,42	54,76	625,5
58	202,70	180,00	153,54	203,61	180,54	153,79	203,16	166,97	0,94	14,83	54,00	648,6
59	203,61	180,54	153,79	204,52	181,09	154,04	204,07	167,36	0,94	15,32	53,98	649,4
60	204,52	181,09	154,04	205,43	181,63	154,29	204,98	167,76	0,95	15,81	53,93	650,7
61	205,43	181,63	154,29	206,34	182,18	154,56	205,89	168,17	0,95	16,31	53,91	651,5
62	206,34	182,18	154,56	207,26	182,72	154,84	206,80	168,57	0,95	16,80	53,91	651,5
63	207,26	182,72	154,84	208,17	183,27	155,12	207,71	168,99	0,95	17,30	53,88	652,4
64	208,17	183,27	155,12	209,08	183,81	155,41	208,62	169,40	0,96	17,80	53,87	652,8
65	209,08	183,81	155,41	209,99	184,36	155,71	209,53	169,82	0,96	18,30	53,84	653,6
66	209,99	184,36	155,71	210,90	184,90	156,02	210,45	170,25	0,96	18,80	53,84	653,6

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
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]
67	210,90	184,90	156,02	211,84	185,93	156,35	211,37	170,80	1,00	19,31	53,78	655,7
68	211,84	185,93	156,35	212,78	186,97	156,69	212,31	171,49	1,00	19,83	53,70	658,4
69	212,78	186,97	156,69	213,73	188,00	157,04	213,26	172,18	1,00	20,35	53,61	661,2
70	213,73	188,00	157,04	214,67	189,03	157,40	214,20	172,87	1,01	20,87	53,53	664,1
71	214,67	189,03	157,40	215,61	190,07	157,77	215,14	173,57	1,01	21,40	53,45	666,8
72	215,61	190,07	157,77	216,55	191,10	158,15	216,08	174,27	1,02	21,93	53,38	669,2
73	216,55	191,10	158,15	217,49	192,13	158,54	217,02	174,98	1,02	22,46	53,30	671,7
74	217,49	192,13	158,54	218,43	193,17	158,94	217,96	175,70	1,02	22,99	53,22	674,6
75	218,43	193,17	158,94	219,38	194,20	159,35	218,91	176,41	1,03	23,52	53,16	676,7
76	219,38	194,20	159,35	220,32	195,23	159,77	219,85	177,14	1,03	24,06	53,10	678,8
77	220,32	195,23	159,77	221,26	196,27	160,20	220,79	177,87	1,04	24,60	53,04	680,8
78	221,26	196,27	160,20	222,20	197,30	160,64	221,73	178,60	1,04	25,14	53,00	682,1
79	222,20	197,30	160,64	222,30	197,36	160,69	222,25	179,00	0,11	25,44	52,98	682,9
80	222,30	197,36	160,69	222,40	197,42	160,74	222,35	179,05	0,11	25,50	52,98	682,9
81	222,40	197,42	160,74	223,25	197,91	161,15	222,83	179,30	0,94	25,77	52,98	682,9
82	223,25	197,91	161,15	224,10	198,41	161,57	223,68	179,76	0,95	26,26	53,02	681,6
83	224,10	198,41	161,57	224,95	198,91	161,99	224,53	180,22	0,95	26,76	53,04	680,8
84	224,95	198,91	161,99	225,80	199,41	162,43	225,38	180,69	0,96	27,26	53,09	679,3
85	225,80	199,41	162,43	226,65	199,90	162,88	226,23	181,16	0,96	27,75	53,12	678,0
86	226,65	199,90	162,88	227,50	200,40	163,34	227,08	181,63	0,96	28,26	53,16	676,7
87	227,50	200,40	163,34	228,40	201,25	163,83	227,95	182,21	1,03	28,77	53,16	676,7
88	228,40	201,25	163,83	229,30	202,10	164,34	228,85	182,88	1,03	29,31	53,16	676,7
89	229,30	202,10	164,34	229,80	202,39	164,62	229,55	183,36	0,58	29,73	53,18	675,9
90	229,80	202,39	164,62	230,73	202,93	165,16	230,26	183,77	1,07	30,16	53,22	674,6
91	230,73	202,93	165,16	231,65	203,46	165,71	231,19	184,32	1,08	30,72	53,28	672,5
92	231,65	203,46	165,71	232,58	204,00	166,28	232,12	184,86	1,09	31,28	53,32	671,1
93	232,58	204,00	166,28	233,51	204,54	166,85	233,05	185,42	1,09	31,85	53,38	669,2
94	233,51	204,54	166,85	234,44	205,08	167,44	233,97	185,98	1,10	32,42	53,44	667,1
95	234,44	205,08	167,44	235,36	205,61	168,04	234,90	186,54	1,11	32,99	53,50	665,0
96	235,36	205,61	168,04	236,29	206,15	168,66	235,83	187,12	1,11	33,57	53,57	662,6
97	236,29	206,15	168,66	237,22	206,69	169,29	236,75	187,70	1,12	34,15	53,65	659,9
98	237,22	206,69	169,29	238,15	207,23	169,93	237,68	188,28	1,13	34,74	53,72	657,8
99	238,15	207,23	169,93	239,07	207,76	170,59	238,61	188,88	1,14	35,33	53,78	655,7
100	239,07	207,76	170,59	240,00	208,30	171,26	239,54	189,48	1,15	35,92	53,88	652,4
101	240,00	208,30	171,26	240,80	209,20	171,85	240,40	190,15	0,99	36,48	53,91	651,5
102	240,80	209,20	171,85	241,60	210,10	172,45	241,20	190,90	1,00	37,00	53,93	650,7
103	241,60	210,10	172,45	242,40	211,00	173,07	242,00	191,66	1,01	37,52	53,93	650,7
104	242,40	211,00	173,07	243,35	211,60	173,81	242,87	192,37	1,21	38,10	53,98	649,4
105	243,35	211,60	173,81	244,30	212,21	174,57	243,82	193,05	1,22	38,73	54,09	645,8
106	244,30	212,21	174,57	245,18	212,77	175,30	244,74	193,71	1,14	39,35	54,18	643,1
107	245,18	212,77	175,30	246,06	213,32	176,03	245,62	194,35	1,15	39,94	54,31	638,9
108	246,06	213,32	176,03	246,94	213,88	176,79	246,50	195,01	1,16	40,54	54,41	636,0
109	246,94	213,88	176,79	247,82	214,44	177,55	247,38	195,67	1,17	41,15	54,52	632,6
110	247,82	214,44	177,55	248,70	215,00	178,34	248,26	196,33	1,18	41,76	54,64	628,9
111	248,70	215,00	178,34	249,52	215,52	179,09	249,11	196,99	1,12	42,36	54,76	625,5
112	249,52	215,52	179,09	250,35	216,05	179,86	249,94	197,63	1,13	42,94	54,88	622,0
113	250,35	216,05	179,86	251,18	216,58	180,64	250,76	198,28	1,14	43,53	55,02	617,8
114	251,18	216,58	180,64	252,00	217,10	181,44	251,59	198,94	1,15	44,13	55,15	614,2
115	252,00	217,10	181,44	252,85	217,80	182,29	252,42	199,66	1,20	44,74	55,28	610,7
116	252,85	217,80	182,29	253,70	218,50	183,15	253,27	200,43	1,21	45,37	55,40	607,3
117	253,70	218,50	183,15	254,55	219,20	184,03	254,12	201,22	1,22	46,00	55,56	603,1
118	254,55	219,20	184,03	255,40	219,90	184,93	254,97	202,01	1,24	46,64	55,69	599,8
119	255,40	219,90	184,93	256,25	220,60	185,85	255,82	202,82	1,25	47,29	55,83	596,0
120	256,25	220,60	185,85	257,10	221,30	186,79	256,67	203,63	1,27	47,95	56,00	591,8
121	257,10	221,30	186,79	257,90	222,00	187,77	257,50	204,31	0,91	48,51	56,14	588,4
122	257,90	222,00	187,77	258,30	222,10	188,16	258,00	204,86	0,91	48,99	56,27	585,1
123	258,30	222,10	188,16	259,10	222,43	189,10	258,70	205,45	1,23	49,55	56,46	580,6
124	259,10	222,43	189,10	259,90	222,77	190,06	259,50	206,09	1,25	50,19	56,69	575,1
125	259,90	222,77	190,06	260,70	223,10	191,04	260,30	206,74	1,27	50,85	56,94	569,6
126	260,70	223,10	191,04	261,60	223,40	192,17	261,15	207,43	1,45	51,55	57,22	563,5
127	261,60	223,40	192,17	262,50	223,64	193,34	262,05	208,14	1,47	52,31	57,52	557,3
128	262,50	223,64	193,34	263,40	223,89	194,54	262,95	208,85	1,50	53,09	57,88	550,1
129	263,40	223,89	194,54	264,30	224,13	195,77	263,85	209,58	1,53	53,88	58,25	543,2
130	264,30	224,13	195,77	265,20	224,37	197,04	264,75	210,33	1,56	54,68	58,63	536,5
131	265,20	224,37	197,04	266,10	224,61	198,35	265,65	211,09	1,59	55,50	59,06	529,5
132	266,10	224,61	198,35	267,00	224,86	199,70	266,55	211,88	1,62	56,34	59,50	522,8
133	267,00	224,86	199,70	267,90	225,10	201,10	267,45	212,69	1,66	57,19	59,95	516,5
134	267,90	225,10	201,10	268,78	225,30	202,51	268,34	213,50	1,66	58,06	60,46	510,1
135	268,78	225,30	202,51	269,66	225,50	203,97	269,22	214,32	1,71	58,93	61,02	503,9
136	269,66	225,50	203,97	270,50	225,69	205,41	270,07	215,14	1,66	59,81	61,61	498,4
137	270,50	225,69	205,41	271,40	225,87	206,90	270,95	215,97	1,66	60,72	62,27	492,0
138	271,40	225,87	206,90	272,30	226,05	208,85	271,85	216,83	1,66	61,67	63,00	485,0
139	272,30	226,05	208,85	273,20	226,23	210,83	272,74	217,79	1,96	62,71	63,80	477,0
140	273,20	226,23	210,83	274,10	226,41	212,86	273,64	218,82	2,03	63,75	64,60	468,0
141	274,10	226,41	212,86	275,00	226,60	214,97	274,54	219,99	2,12	64,83	65,50	458,0
142	275,00	226,60	214,97	275,90	226,80	217,19	275,44	221,31	2,21	65,96	66,50	447,0
143	275,90	226,80	217,19	276,80	227,00	219,50	276,34	222,70	2,30	67,19	67,60	435,0
144	276,80	227,00	219,50	277,70	227,20	221,90	277,24	224,15	2,39	68,50	68,80	422,0
145	277,70	227,20	221,90	278,60	227,40	224,40	277,82	225,64	2,48	69,89	70,10	408,0
146	278,60	227,40	224,40	279,50	227,60	226,90	278,42	227,16	2,56	71,36	71,50	393,0
147	279,50	227,60	226,90	280,40	227,80	229,40	279,03	228,63	2,64	72,99	73,00	377,0
148	280,40	227,80	229,40	281,30	228,00	231,90	280,65	229,17	2,71	74,67	74,60	360,0
149	281,30	228,00	231,90	282,20	228,20	234,50	281,78	230,74	2,77	76,40	76,20	342,0

Metodo di **BISHOP**

Coefficiente di sicurezza $F_s = 3.634$

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	0,13	0,00	0,19	0,31	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	
2	3,42	0,00	4,02	1,96	0,00	0,32	2,36	0,00	0,00	
3	8,01	0,00	9,14	2,94	0,00	2,36	5,41	0,00	0,00	
4	12,49	0,00	14,09	3,90	0,00	5,41	9,36	0,00	0,00	
5	16,86	0,00	18,90	4,82	0,00	9,36	14,10	0,00	0,00	
6	22,11	0,00	24,68	6,06	0,00	14,10	19,83	0,00	0,00	
7	24,21	0,00	26,92	6,49	0,00	19,83	25,74	0,00	0,00	
8	26,15	0,00	28,98	6,88	0,00	25,74	31,74	0,00	0,00	
9	27,94	0,00	30,86	7,24	0,00	31,74	37,78	0,00	0,00	
10	29,57	0,00	32,56	7,57	0,00	37,78	43,79	0,00	0,00	
11	34,56	0,00	37,94	8,66	0,00	43,79	50,29	0,00	0,00	
12	40,32	0,00	44,11	9,85	0,00	50,29	57,23	0,00	0,00	
13	45,90	0,00	50,07	11,00	0,00	57,23	64,46	0,00	0,00	
14	51,30	0,00	55,83	12,11	0,00	64,46	71,85	0,00	0,00	
15	56,54	0,00	61,37	13,17	0,00	71,85	79,28	0,00	0,00	
16	31,32	0,00	33,94	7,23	0,00	79,28	83,10	0,00	0,00	
17	54,92	0,00	59,42	12,55	0,00	83,10	89,32	0,00	0,00	
18	60,75	0,00	65,61	13,74	0,00	89,32	95,58	0,00	0,00	
19	68,21	0,00	73,54	15,18	0,00	95,58	101,85	0,00	0,00	
20	87,91	0,00	94,64	19,24	0,00	101,85	108,97	0,00	0,00	
21	107,54	0,00	115,61	23,28	0,00	108,97	116,66	0,00	0,00	
22	65,06	0,00	69,87	14,01	0,00	116,66	120,88	0,00	0,00	
23	22,82	0,00	24,50	4,91	0,00	120,88	122,29	0,00	0,00	
24	98,91	0,00	105,29	130,06	0,00	122,29	236,87	0,00	0,00	
25	136,56	0,00	144,50	168,20	0,00	236,87	382,85	0,00	0,00	
26	106,02	0,00	111,60	124,06	0,00	382,85	489,06	0,00	0,00	
27	112,27	0,00	117,70	126,89	0,00	489,06	596,50	0,00	0,00	
28	41,69	0,00	43,51	49,10	0,00	596,50	638,25	0,00	0,00	
29	165,13	0,00	170,98	207,72	0,00	638,25	815,98	0,00	0,00	
30	164,41	0,00	168,61	206,63	0,00	815,98	991,38	0,00	0,00	
31	163,51	0,00	166,09	205,48	0,00	991,38	1164,44	0,00	0,00	
32	162,45	0,00	163,43	204,26	0,00	1164,44	1335,16	0,00	0,00	
33	161,23	0,00	160,61	202,97	0,00	1335,16	1503,54	0,00	0,00	
34	159,83	0,00	157,65	201,62	0,00	1503,54	1669,59	0,00	0,00	
35	158,27	0,00	154,55	200,20	0,00	1669,59	1833,30	0,00	0,00	
36	156,54	0,00	151,30	198,72	0,00	1833,30	1994,69	0,00	0,00	
37	154,65	0,00	147,90	197,17	0,00	1994,69	2153,77	0,00	0,00	
38	89,21	0,00	86,30	98,15	0,00	2153,77	2229,37	0,00	0,00	
39	259,31	0,00	252,45	255,58	0,00	2229,37	2417,66	0,00	0,00	
40	256,63	0,00	247,81	253,62	0,00	2417,66	2602,50	0,00	0,00	
41	253,75	0,00	242,99	251,58	0,00	2602,50	2783,94	0,00	0,00	
42	250,66	0,00	238,00	249,47	0,00	2783,94	2962,02	0,00	0,00	
43	247,35	0,00	232,84	247,28	0,00	2962,02	3136,80	0,00	0,00	
44	243,84	0,00	227,50	245,01	0,00	3136,80	3308,32	0,00	0,00	
45	240,11	0,00	221,98	242,66	0,00	3308,32	3476,65	0,00	0,00	
46	236,17	0,00	216,29	240,23	0,00	3476,65	3641,86	0,00	0,00	
47	232,01	0,00	210,43	237,72	0,00	3641,86	3804,02	0,00	0,00	
48	227,64	0,00	204,39	235,12	0,00	3804,02	3963,19	0,00	0,00	
49	223,05	0,00	198,17	232,44	0,00	3963,19	4119,45	0,00	0,00	
50	218,25	0,00	191,77	229,67	0,00	4119,45	4272,89	0,00	0,00	
51	213,23	0,00	185,19	226,81	0,00	4272,89	4423,59	0,00	0,00	
52	197,25	0,00	177,11	178,29	0,00	4423,59	4529,38	0,00	0,00	
53	304,59	0,00	283,97	224,44	0,00	4529,38	4638,83	0,00	0,00	
54	366,06	0,00	344,35	251,88	0,00	4638,83	4749,86	0,00	0,00	
55	363,28	0,00	340,55	250,53	0,00	4749,86	4858,46	0,00	0,00	
56	360,41	0,00	336,68	249,16	0,00	4858,46	4964,64	0,00	0,00	
57	367,88	0,00	346,00	241,38	0,00	4964,64	5057,56	0,00	0,00	
58	629,70	0,00	595,54	393,77	0,00	5057,56	5192,20	0,00	0,00	
59	635,61	0,00	599,59	395,69	0,00	5192,20	5320,93	0,00	0,00	
60	641,32	0,00	603,47	397,56	0,00	5320,93	5443,68	0,00	0,00	
61	646,83	0,00	607,17	399,38	0,00	5443,68	5560,37	0,00	0,00	
62	652,14	0,00	610,70	401,15	0,00	5560,37	5670,94	0,00	0,00	
63	657,25	0,00	614,06	402,87	0,00	5670,94	5775,31	0,00	0,00	
64	662,15	0,00	617,23	404,54	0,00	5775,31	5873,43	0,00	0,00	
65	666,84	0,00	620,23	406,16	0,00	5873,43	5965,24	0,00	0,00	
66	671,32	0,00	623,05	407,73	0,00	5965,24	6050,70	0,00	0,00	
67	702,76	0,00	651,18	424,67	0,00	6050,70	6131,75	0,00	0,00	
68	715,95	0,00	662,72	429,59	0,00	6131,75	6204,67	0,00	0,00	
69	728,90	0,00	674,05	434,43	0,00	6204,67	6269,26	0,00	0,00	
70	741,62	0,00	685,19	439,22	0,00	6269,26	6325,28	0,00	0,00	
71	754,10	0,00	696,13	443,94	0,00	6325,28	6372,54	0,00	0,00	
72	766,32	0,00	706,88	448,60	0,00	6372,54	6410,82	0,00	0,00	
73	778,31	0,00	717,42	453,21	0,00	6410,82	6439,94	0,00	0,00	
74	790,04	0,00	727,76	457,75	0,00	6439,94	6459,69	0,00	0,00	
75	801,52	0,00	737,90	462,25	0,00	6459,69	6469,89	0,00	0,00	

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
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
76	812,74	0,00	747,84	466,69	0,00	6469,89	6470,37	0,00	0,00	
77	823,71	0,00	757,57	471,07	0,00	6470,37	6460,94	0,00	0,00	
78	834,41	0,00	767,11	475,41	0,00	6460,94	6441,45	0,00	0,00	
79	89,18	0,00	81,96	50,72	0,00	6441,45	6438,79	0,00	0,00	
80	89,19	0,00	81,97	50,73	0,00	6438,79	6436,04	0,00	0,00	
81	758,68	0,00	696,69	431,61	0,00	6436,04	6409,08	0,00	0,00	
82	759,52	0,00	696,56	432,31	0,00	6409,08	6375,66	0,00	0,00	
83	760,16	0,00	696,27	432,97	0,00	6375,66	6335,82	0,00	0,00	
84	760,60	0,00	695,80	433,59	0,00	6335,82	6289,60	0,00	0,00	
85	760,83	0,00	695,16	434,16	0,00	6289,60	6237,02	0,00	0,00	
86	760,85	0,00	694,33	434,69	0,00	6237,02	6178,15	0,00	0,00	
87	808,31	0,00	737,04	461,89	0,00	6178,15	6108,10	0,00	0,00	
88	813,66	0,00	741,63	464,57	0,00	6108,10	6029,22	0,00	0,00	
89	453,35	0,00	413,00	258,90	0,00	6029,22	5981,86	0,00	0,00	
90	840,23	0,00	764,75	480,56	0,00	5981,86	5888,30	0,00	0,00	
91	839,55	0,00	763,24	481,15	0,00	5888,30	5787,29	0,00	0,00	
92	838,57	0,00	761,47	481,68	0,00	5787,29	5678,93	0,00	0,00	
93	837,29	0,00	759,42	482,14	0,00	5678,93	5563,32	0,00	0,00	
94	835,70	0,00	757,10	482,54	0,00	5563,32	5440,57	0,00	0,00	
95	833,80	0,00	754,48	482,87	0,00	5440,57	5310,80	0,00	0,00	
96	831,58	0,00	751,57	483,13	0,00	5310,80	5174,16	0,00	0,00	
97	829,03	0,00	748,36	483,31	0,00	5174,16	5030,79	0,00	0,00	
98	826,15	0,00	744,83	483,42	0,00	5030,79	4880,84	0,00	0,00	
99	822,94	0,00	740,97	483,45	0,00	4880,84	4724,49	0,00	0,00	
100	819,37	0,00	736,77	483,39	0,00	4724,49	4561,92	0,00	0,00	
101	707,27	0,00	635,66	418,32	0,00	4561,92	4415,24	0,00	0,00	
102	711,10	0,00	639,36	420,93	0,00	4415,24	4260,95	0,00	0,00	
103	714,69	0,00	642,85	423,50	0,00	4260,95	4099,06	0,00	0,00	
104	848,60	0,00	762,97	504,42	0,00	4099,06	3899,10	0,00	0,00	
105	844,06	0,00	757,87	504,38	0,00	3899,10	3692,93	0,00	0,00	
106	777,10	0,00	696,72	466,94	0,00	3692,93	3496,83	0,00	0,00	
107	771,77	0,00	690,84	466,43	0,00	3496,83	3296,22	0,00	0,00	
108	766,09	0,00	684,58	465,82	0,00	3296,22	3091,39	0,00	0,00	
109	760,05	0,00	677,91	465,11	0,00	3091,39	2882,61	0,00	0,00	
110	753,62	0,00	670,82	464,29	0,00	2882,61	2670,17	0,00	0,00	
111	700,35	0,00	622,08	434,43	0,00	2670,17	2467,99	0,00	0,00	
112	694,05	0,00	615,11	433,51	0,00	2467,99	2263,15	0,00	0,00	
113	687,42	0,00	607,75	432,49	0,00	2263,15	2055,96	0,00	0,00	
114	680,43	0,00	599,97	431,36	0,00	2055,96	1846,74	0,00	0,00	
115	694,52	0,00	610,80	443,62	0,00	1846,74	1628,72	0,00	0,00	
116	688,62	0,00	604,10	443,16	0,00	1628,72	1407,87	0,00	0,00	
117	682,30	0,00	596,89	442,57	0,00	1407,87	1184,56	0,00	0,00	
118	675,55	0,00	589,15	441,85	0,00	1184,56	959,19	0,00	0,00	
119	668,35	0,00	580,85	440,98	0,00	959,19	732,19	0,00	0,00	
120	660,69	0,00	571,95	439,95	0,00	732,19	504,02	0,00	0,00	
121	460,97	0,00	397,45	309,60	0,00	504,02	342,89	0,00	0,00	
122	455,66	0,00	391,28	308,45	0,00	342,89	182,35	0,00	0,00	
123	597,44	0,00	509,97	408,64	0,00	182,35	-29,33	0,00	0,00	
124	584,20	0,00	494,53	404,85	0,00	-29,33	-236,84	0,00	0,00	
125	570,50	0,00	478,41	400,82	0,00	-236,84	-439,54	0,00	0,00	
126	624,18	0,00	517,32	445,48	0,00	-439,54	-660,47	0,00	0,00	
127	603,74	0,00	492,92	438,80	0,00	-660,47	-872,03	0,00	0,00	
128	582,05	0,00	466,78	431,43	0,00	-872,03	-1072,63	0,00	0,00	
129	559,57	0,00	439,37	423,55	0,00	-1072,63	-1260,99	0,00	0,00	
130	536,25	0,00	410,59	415,12	0,00	-1260,99	-1435,69	0,00	0,00	
131	512,03	0,00	380,33	406,07	0,00	-1435,69	-1595,21	0,00	0,00	
132	486,86	0,00	348,48	396,34	0,00	-1595,21	-1737,89	0,00	0,00	
133	460,69	0,00	314,89	385,85	0,00	-1737,89	-1861,94	0,00	0,00	
134	423,79	0,00	273,25	366,15	0,00	-1861,94	-1963,06	0,00	0,00	
135	396,01	0,00	236,70	354,07	0,00	-1963,06	-2041,94	0,00	0,00	
136	349,79	0,00	189,30	324,62	0,00	-2041,94	-2094,31	0,00	0,00	
137	17,28	0,00	27,83	5,48	0,00	-2094,31	-2118,33	0,00	0,00	
138	340,53	0,00	553,87	109,19	0,00	-2118,33	-2598,89	0,00	0,00	
139	315,86	0,00	523,77	103,47	0,00	-2598,89	-3058,01	0,00	0,00	
140	296,86	0,00	502,59	99,54	0,00	-3058,01	-3503,11	0,00	0,00	
141	269,56	0,00	466,71	92,72	0,00	-3503,11	-3920,73	0,00	0,00	
142	240,74	0,00	426,86	85,16	0,00	-3920,73	-4306,61	0,00	0,00	
143	210,17	0,00	382,27	76,69	0,00	-4306,61	-4655,69	0,00	0,00	
144	157,76	0,00	294,25	59,52	0,00	-4655,69	-4926,93	0,00	0,00	
145	126,76	0,00	242,23	49,63	0,00	-4926,93	-5152,15	0,00	0,00	
146	103,58	0,00	203,08	42,24	0,00	-5152,15	-5342,60	0,00	0,00	
147	72,83	0,00	148,38	30,52	0,00	-5342,60	-5483,14	0,00	0,00	
148	40,89	0,00	88,73	17,10	0,00	-5483,14	-5568,18	0,00	0,00	
149	7,69	0,00	17,30	3,33	0,00	-5568,18	-5584,88	0,00	0,00	

Superficie n° 286

Analisi della superficie 286 - coefficienti parziali caso A2M2

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
Relazione di calcolo dell'imbocco

Numero di strisce	149	
Coordinate del centro	X[m]= 175,00	Y[m]= 260,00
Raggio del cerchio	R[m]= 110,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 157,50	Y _v [m]= 151,40
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 280,40	Y _m [m]= 228,54

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	157,50	151,40	151,40	157,70	151,43	151,37	157,63	151,40	0,20	-9,10	29,26	4,0
2	157,70	151,43	151,37	158,55	151,58	151,24	158,22	151,40	0,86	-8,82	29,26	4,0
3	158,55	151,58	151,24	159,40	151,72	151,11	159,02	151,41	0,86	-8,38	29,26	4,0
4	159,40	151,72	151,11	160,25	151,86	150,99	159,85	151,42	0,86	-7,93	29,26	4,0
5	160,25	151,86	150,99	161,10	152,00	150,88	160,69	151,43	0,86	-7,48	29,26	4,0
6	161,10	152,00	150,88	162,04	152,00	150,77	161,58	151,41	0,95	-7,01	29,26	4,0
7	162,04	152,00	150,77	162,98	152,00	150,66	162,52	151,36	0,95	-6,52	29,26	4,0
8	162,98	152,00	150,66	163,92	152,00	150,56	163,46	151,30	0,95	-6,03	29,26	4,0
9	163,92	152,00	150,56	164,86	152,00	150,47	164,39	151,26	0,94	-5,54	29,26	4,0
10	164,86	152,00	150,47	165,80	152,00	150,39	165,33	151,21	0,94	-5,04	29,26	4,0
11	165,80	152,00	150,39	166,78	152,22	150,31	166,30	151,23	0,98	-4,54	29,26	4,0
12	166,78	152,22	150,31	167,76	152,44	150,24	167,28	151,30	0,98	-4,03	29,26	4,0
13	167,76	152,44	150,24	168,74	152,66	150,18	168,26	151,38	0,98	-3,52	29,26	4,0
14	168,74	152,66	150,18	169,72	152,88	150,13	169,24	151,46	0,98	-3,01	29,26	4,0
15	169,72	152,88	150,13	170,70	153,10	150,08	170,22	151,55	0,98	-2,50	29,26	4,0
16	170,70	153,10	150,08	171,20	153,31	150,07	170,95	151,64	0,50	-2,11	29,26	4,0
17	171,20	153,31	150,07	172,00	153,66	150,04	171,61	151,77	0,80	-1,77	29,26	4,0
18	172,00	153,66	150,04	172,80	154,00	150,02	172,41	151,93	0,80	-1,35	29,26	4,0
19	172,80	154,00	150,02	173,53	155,33	150,01	173,18	152,36	0,73	-0,95	29,26	4,0
20	173,53	155,33	150,01	174,27	156,67	150,00	173,91	153,02	0,73	-0,57	29,26	4,0
21	174,27	156,67	150,00	175,00	158,00	150,00	174,64	153,68	0,73	-0,19	29,26	4,0
22	175,00	158,00	150,00	175,40	158,27	150,00	175,20	154,07	0,40	0,10	29,26	4,0
23	175,40	158,27	150,00	175,54	158,36	150,00	175,47	154,16	0,14	0,24	29,26	4,0
24	175,54	158,36	150,00	176,10	158,73	150,01	175,82	154,28	0,56	0,43	60,23	512,9
25	176,10	158,73	150,01	176,80	159,20	150,01	176,45	154,49	0,70	0,76	59,91	517,1
26	176,80	159,20	150,01	177,30	159,40	150,02	177,05	154,66	0,50	1,07	59,60	521,3
27	177,30	159,40	150,02	177,80	159,60	150,04	177,55	154,77	0,50	1,33	59,43	523,8
28	177,80	159,60	150,04	178,00	157,20	150,04	177,90	154,25	0,20	1,51	59,69	520,1
29	178,00	157,20	150,04	178,89	157,20	150,07	178,44	153,63	0,89	1,79	60,14	514,0
30	178,89	157,20	150,07	179,78	157,20	150,10	179,33	153,64	0,89	2,26	60,23	512,9
31	179,78	157,20	150,10	180,67	157,20	150,15	180,22	153,66	0,89	2,72	60,23	512,9
32	180,67	157,20	150,15	181,56	157,20	150,20	181,11	153,69	0,89	3,18	60,28	512,3
33	181,56	157,20	150,20	182,44	157,20	150,25	182,00	153,71	0,89	3,65	60,37	511,2
34	182,44	157,20	150,25	183,33	157,20	150,32	182,89	153,74	0,89	4,11	60,42	510,6
35	183,33	157,20	150,32	184,22	157,20	150,39	183,78	153,78	0,89	4,58	60,47	510,0
36	184,22	157,20	150,39	185,11	157,20	150,47	184,67	153,81	0,89	5,04	60,51	509,5
37	185,11	157,20	150,47	186,00	157,20	150,55	185,55	153,85	0,89	5,51	60,61	508,4
38	186,00	157,20	150,55	186,40	161,10	150,59	186,21	154,93	0,40	5,84	59,69	520,1
39	186,40	161,10	150,59	187,35	161,10	150,70	186,88	155,87	0,96	6,20	58,88	532,3
40	187,35	161,10	150,70	188,31	161,10	150,81	187,83	155,93	0,96	6,70	58,94	531,4
41	188,31	161,10	150,81	189,26	161,10	150,93	188,78	155,98	0,96	7,20	59,06	529,5
42	189,26	161,10	150,93	190,22	161,10	151,06	189,74	156,05	0,96	7,70	59,12	528,4
43	190,22	161,10	151,06	191,17	161,10	151,19	190,69	156,11	0,96	8,20	59,18	527,6
44	191,17	161,10	151,19	192,12	161,10	151,34	191,64	156,18	0,96	8,70	59,30	525,7
45	192,12	161,10	151,34	193,08	161,10	151,50	192,60	156,26	0,97	9,21	59,40	524,3
46	193,08	161,10	151,50	194,03	161,10	151,66	193,55	156,34	0,97	9,71	59,50	522,8
47	194,03	161,10	151,66	194,98	161,10	151,83	194,51	156,42	0,97	10,22	59,60	521,3
48	194,98	161,10	151,83	195,94	161,10	152,01	195,46	156,51	0,97	10,72	59,69	520,1
49	195,94	161,10	152,01	196,89	161,10	152,20	196,41	156,60	0,97	11,23	59,82	518,3
50	196,89	161,10	152,20	197,85	161,10	152,40	197,37	156,70	0,97	11,73	59,95	516,5
51	197,85	161,10	152,40	198,80	161,10	152,61	198,32	156,80	0,98	12,24	60,09	514,7
52	198,80	161,10	152,61	199,45	167,60	152,75	199,15	158,67	0,67	12,67	58,77	534,2
53	199,45	167,60	152,75	200,10	174,10	152,90	199,79	161,94	0,67	13,02	56,51	579,2
54	200,10	174,10	152,90	200,77	174,10	153,06	200,43	163,54	0,69	13,37	55,62	601,6
55	200,77	174,10	153,06	201,43	174,10	153,22	201,10	163,62	0,69	13,73	55,69	599,8
56	201,43	174,10	153,22	202,10	174,10	153,39	201,77	163,70	0,69	14,08	55,75	598,1
57	202,10	174,10	153,39	202,70	180,00	153,54	202,41	165,32	0,62	14,42	55,00	618,5
58	202,70	180,00	153,54	203,61	180,54	153,79	203,16	166,97	0,94	14,83	54,24	641,0
59	203,61	180,54	153,79	204,52	181,09	154,04	204,07	167,36	0,94	15,32	54,22	641,6
60	204,52	181,09	154,04	205,43	181,63	154,29	204,98	167,76	0,95	15,81	54,18	643,1
61	205,43	181,63	154,29	206,34	182,18	154,56	205,89	168,17	0,95	16,31	54,18	643,1
62	206,34	182,18	154,56	207,26	182,72	154,84	206,80	168,57	0,95	16,80	54,13	644,4
63	207,26	182,72	154,84	208,17	183,27	155,12	207,71	168,99	0,95	17,30	54,11	645,2
64	208,17	183,27	155,12	209,08	183,81	155,41	208,62	169,40	0,96	17,80	54,11	645,2
65	209,08	183,81	155,41	209,99	184,36	155,71	209,53	169,82	0,96	18,30	54,08	646,1
66	209,99	184,36	155,71	210,90	184,90	156,02	210,45	170,25	0,96	18,80	54,07	646,5
67	210,90	184,90	156,02	211,84	185,93	156,35	211,37	170,80	1,00	19,31	54,00	648,6
68	211,84	185,93	156,35	212,78	186,97	156,69	212,31	171,49	1,00	19,83	53,91	651,5
69	212,78	186,97	156,69	213,73	188,00	157,04	213,26	172,18	1,00	20,35	53,82	654,5
70	213,73	188,00	157,04	214,67	189,03	157,40	214,20	172,87	1,01	20,87	53,72	657,8
71	214,67	189,03	157,40	215,61	190,07	157,77	215,14	173,57	1,01	21,40	53,65	659,9
72	215,61	190,07	157,77	216,55	191,10	158,15	216,08	174,27	1,02	21,93	53,57	662,7
73	216,55	191,10	158,15	217,49	192,13	158,54	217,02	174,98	1,02	22,46	53,49	665,4

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
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]
74	217,49	192,13	158,54	218,43	193,17	158,94	217,96	175,70	1,02	22,99	53,43	667,5
75	218,43	193,17	158,94	219,38	194,20	159,35	218,91	176,41	1,03	23,52	53,34	670,4
76	219,38	194,20	159,35	220,32	195,23	159,77	219,85	177,14	1,03	24,06	53,28	672,5
77	220,32	195,23	159,77	221,26	196,27	160,20	220,79	177,87	1,04	24,60	53,22	674,6
78	221,26	196,27	160,20	222,20	197,30	160,64	221,73	178,60	1,04	25,14	53,16	676,7
79	222,20	197,30	160,64	222,30	197,36	160,69	222,25	179,00	0,11	25,44	53,13	677,6
80	222,30	197,36	160,69	222,40	197,42	160,74	222,35	179,05	0,11	25,50	53,14	677,4
81	222,40	197,42	160,74	223,25	197,91	161,15	222,83	179,30	0,94	25,77	53,16	676,7
82	223,25	197,91	161,15	224,10	198,41	161,57	223,68	179,76	0,95	26,26	53,16	676,7
83	224,10	198,41	161,57	224,95	198,91	161,99	224,53	180,22	0,95	26,76	53,20	675,3
84	224,95	198,91	161,99	225,80	199,41	162,43	225,38	180,69	0,96	27,26	53,22	674,6
85	225,80	199,41	162,43	226,65	199,90	162,88	226,23	181,16	0,96	27,75	53,25	673,4
86	226,65	199,90	162,88	227,50	200,40	163,34	227,08	181,63	0,96	28,26	53,28	672,5
87	227,50	200,40	163,34	228,40	201,25	163,83	227,95	182,21	1,03	28,77	53,28	672,5
88	228,40	201,25	163,83	229,30	202,10	164,34	228,85	182,88	1,03	29,31	53,28	672,5
89	229,30	202,10	164,34	229,80	202,39	164,62	229,55	183,36	0,58	29,73	53,28	672,5
90	229,80	202,39	164,62	230,73	202,93	165,16	230,26	183,77	1,07	30,16	53,32	671,1
91	230,73	202,93	165,16	231,65	203,46	165,71	231,19	184,32	1,08	30,72	53,36	669,6
92	231,65	203,46	165,71	232,58	204,00	166,28	232,12	184,86	1,09	31,28	53,40	668,3
93	232,58	204,00	166,28	233,51	204,54	166,85	233,05	185,42	1,09	31,85	53,46	666,2
94	233,51	204,54	166,85	234,44	205,08	167,44	233,97	185,98	1,10	32,42	53,51	664,8
95	234,44	205,08	167,44	235,36	205,61	168,04	234,90	186,54	1,11	32,99	53,56	662,9
96	235,36	205,61	168,04	236,29	206,15	168,66	235,83	187,12	1,11	33,57	53,61	661,2
97	236,29	206,15	168,66	237,22	206,69	169,29	236,75	187,70	1,12	34,15	53,68	659,1
98	237,22	206,69	169,29	238,15	207,23	169,93	237,68	188,28	1,13	34,74	53,75	656,6
99	238,15	207,23	169,93	239,07	207,76	170,59	238,61	188,88	1,14	35,33	53,82	654,5
100	239,07	207,76	170,59	240,00	208,30	171,26	239,54	189,48	1,15	35,92	53,89	652,1
101	240,00	208,30	171,26	240,80	209,20	171,85	240,40	190,15	0,99	36,48	53,93	650,7
102	240,80	209,20	171,85	241,60	210,10	172,45	241,20	190,90	1,00	37,00	53,93	650,7
103	241,60	210,10	172,45	242,40	211,00	173,07	242,00	191,66	1,01	37,52	53,93	650,7
104	242,40	211,00	173,07	243,35	211,60	173,81	242,87	192,37	1,21	38,10	53,98	649,4
105	243,35	211,60	173,81	244,30	212,21	174,57	243,82	193,05	1,22	38,73	54,07	646,5
106	244,30	212,21	174,57	245,18	212,77	175,30	244,74	193,71	1,14	39,35	54,15	643,8
107	245,18	212,77	175,30	246,06	213,32	176,03	245,62	194,35	1,15	39,94	54,24	641,0
108	246,06	213,32	176,03	246,94	213,88	176,79	246,50	195,01	1,16	40,54	54,35	637,7
109	246,94	213,88	176,79	247,82	214,44	177,55	247,38	195,67	1,17	41,15	54,45	634,7
110	247,82	214,44	177,55	248,70	215,00	178,34	248,26	196,33	1,18	41,76	54,56	631,4
111	248,70	215,00	178,34	249,52	215,52	179,09	249,11	196,99	1,12	42,36	54,66	628,4
112	249,52	215,52	179,09	250,35	216,05	179,86	249,94	197,63	1,13	42,94	54,78	624,7
113	250,35	216,05	179,86	251,18	216,58	180,64	250,76	198,28	1,14	43,53	54,90	621,2
114	251,18	216,58	180,64	252,00	217,10	181,44	251,59	198,94	1,15	44,13	55,02	617,8
115	252,00	217,10	181,44	252,85	217,80	182,29	252,42	199,66	1,20	44,74	55,14	614,5
116	252,85	217,80	182,29	253,70	218,50	183,15	253,27	200,43	1,21	45,37	55,25	611,5
117	253,70	218,50	183,15	254,55	219,20	184,03	254,12	201,22	1,22	46,00	55,38	607,9
118	254,55	219,20	184,03	255,40	219,90	184,93	254,97	202,01	1,24	46,64	55,51	604,4
119	255,40	219,90	184,93	256,25	220,60	185,85	255,82	202,82	1,25	47,29	55,64	601,0
120	256,25	220,60	185,85	257,10	221,30	186,79	256,67	203,63	1,27	47,95	55,80	596,8
121	257,10	221,30	186,79	257,70	221,70	187,47	257,40	204,31	0,91	48,51	55,92	593,9
122	257,70	221,70	187,47	258,30	222,10	188,16	258,00	204,86	0,91	48,99	56,05	590,5
123	258,30	222,10	188,16	259,10	222,43	188,10	258,70	205,45	1,23	49,55	56,22	586,3
124	259,10	222,43	189,10	259,90	222,77	190,06	259,50	206,09	1,25	50,19	56,44	580,9
125	259,90	222,77	190,06	260,70	223,10	191,04	260,30	206,74	1,27	50,85	56,66	575,9
126	260,70	223,10	191,04	261,60	223,40	192,17	261,15	207,43	1,45	51,55	56,94	569,6
127	261,60	223,40	192,17	262,50	223,64	193,34	262,05	208,14	1,47	52,31	57,22	563,5
128	262,50	223,64	193,34	263,40	223,89	194,54	262,95	208,85	1,50	53,09	57,55	556,5
129	263,40	223,89	194,54	264,30	224,13	195,77	263,85	209,58	1,53	53,88	57,93	549,2
130	264,30	224,13	195,77	265,20	224,37	197,04	264,75	210,33	1,56	54,68	58,25	543,2
131	265,20	224,37	197,04	266,10	224,61	198,35	265,65	211,09	1,59	55,50	58,66	536,0
132	266,10	224,61	198,35	267,00	224,86	199,70	266,55	211,88	1,62	56,34	59,06	529,5
133	267,00	224,86	199,70	267,90	225,10	201,10	267,45	212,69	1,66	57,19	59,52	522,5
134	267,90	225,10	201,10	268,78	225,30	202,51	268,34	213,50	1,66	58,06	60,00	515,8
135	268,78	225,30	202,51	269,66	225,50	203,97	269,22	214,32	1,71	58,93	60,51	509,5
136	269,66	225,50	203,97	270,50	225,69	205,41	270,07	215,14	1,66	59,81	61,05	503,6
137	270,50	225,69	205,41	270,54	225,70	205,48	270,52	215,57	0,09	60,27	29,26	4,0
138	270,54	225,70	205,48	271,42	225,90	207,05	270,97	216,03	1,80	60,76	29,26	4,0
139	271,42	225,90	207,05	272,30	226,10	208,69	271,85	216,93	1,86	61,71	29,26	4,0
140	272,30	226,10	208,69	273,20	226,38	210,43	272,74	217,89	1,96	62,71	29,26	4,0
141	273,20	226,38	210,43	274,10	226,65	212,26	273,64	218,92	2,03	63,75	29,26	4,0
142	274,10	226,65	212,26	275,00	226,92	214,17	274,54	219,99	2,12	64,83	29,26	4,0
143	275,00	226,92	214,17	275,90	227,20	216,19	275,44	221,11	2,21	65,96	29,26	4,0
144	275,90	227,20	216,19	276,70	227,20	218,08	276,29	222,15	2,05	67,07	29,26	4,0
145	276,70	227,20	218,08	277,50	227,20	220,08	277,08	223,12	2,15	68,16	29,26	4,0
146	277,50	227,20	220,08	278,30	227,97	222,20	277,88	224,46	2,26	69,31	29,26	4,0
147	278,30	227,97	222,20	279,10	228,23	224,46	278,67	225,67	2,40	70,52	29,26	2,3
148	279,10	228,23	224,46	279,90	228,50	226,89	279,45	226,93	2,56	71,82	29,26	0,0
149	279,90	228,50	226,89	280,40	228,54	228,54	280,07	227,98	1,72	72,93	29,26	0,0

Metodo di **BISHOP**

Coefficiente di sicurezza $F_s = 4.595$

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	0,13	0,00	0,16	0,19	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	
2	3,42	0,00	3,65	1,19	0,00	0,22	1,95	0,00	0,00	
3	8,01	0,00	8,36	1,77	0,00	1,95	4,92	0,00	0,00	
4	12,49	0,00	12,94	2,32	0,00	4,92	9,01	0,00	0,00	
5	16,86	0,00	17,38	2,86	0,00	9,01	14,11	0,00	0,00	
6	22,11	0,00	22,72	3,59	0,00	14,11	20,45	0,00	0,00	
7	24,21	0,00	24,80	3,85	0,00	20,45	27,09	0,00	0,00	
8	26,15	0,00	26,73	4,08	0,00	27,09	33,96	0,00	0,00	
9	27,94	0,00	28,49	4,29	0,00	33,96	40,98	0,00	0,00	
10	29,57	0,00	30,09	4,49	0,00	40,98	48,09	0,00	0,00	
11	34,56	0,00	35,08	5,13	0,00	48,09	55,99	0,00	0,00	
12	40,32	0,00	40,83	5,83	0,00	55,99	64,68	0,00	0,00	
13	45,90	0,00	46,38	6,51	0,00	64,68	74,02	0,00	0,00	
14	51,30	0,00	51,75	7,16	0,00	74,02	83,89	0,00	0,00	
15	56,54	0,00	56,93	7,79	0,00	83,89	94,15	0,00	0,00	
16	31,32	0,00	31,50	4,28	0,00	94,15	99,58	0,00	0,00	
17	54,92	0,00	55,17	7,42	0,00	99,58	108,71	0,00	0,00	
18	60,75	0,00	60,96	8,13	0,00	108,71	118,28	0,00	0,00	
19	68,21	0,00	68,37	8,97	0,00	118,28	128,39	0,00	0,00	
20	87,91	0,00	88,03	11,37	0,00	128,39	140,64	0,00	0,00	
21	107,54	0,00	107,58	13,75	0,00	140,64	154,75	0,00	0,00	
22	65,06	0,00	65,05	8,28	0,00	154,75	162,91	0,00	0,00	
23	22,82	0,00	22,81	2,90	0,00	162,91	165,71	0,00	0,00	
24	98,91	0,00	98,16	100,16	0,00	165,71	265,14	0,00	0,00	
25	136,56	0,00	134,87	129,42	0,00	265,14	392,77	0,00	0,00	
26	106,02	0,00	104,26	95,41	0,00	392,77	486,22	0,00	0,00	
27	112,27	0,00	110,03	97,55	0,00	486,22	581,19	0,00	0,00	
28	41,69	0,00	40,71	37,80	0,00	581,19	617,91	0,00	0,00	
29	165,13	0,00	160,19	160,21	0,00	617,91	773,03	0,00	0,00	
30	164,41	0,00	158,25	159,50	0,00	773,03	926,17	0,00	0,00	
31	163,51	0,00	156,15	158,74	0,00	926,17	1077,32	0,00	0,00	
32	162,45	0,00	153,92	157,93	0,00	1077,32	1226,46	0,00	0,00	
33	161,23	0,00	151,54	157,07	0,00	1226,46	1373,57	0,00	0,00	
34	159,83	0,00	149,02	156,16	0,00	1373,57	1518,64	0,00	0,00	
35	158,27	0,00	146,35	155,20	0,00	1518,64	1661,67	0,00	0,00	
36	156,54	0,00	143,55	154,19	0,00	1661,67	1802,64	0,00	0,00	
37	154,65	0,00	140,60	153,13	0,00	1802,64	1941,57	0,00	0,00	
38	89,21	0,00	81,90	76,00	0,00	1941,57	2008,83	0,00	0,00	
39	259,31	0,00	239,39	197,44	0,00	2008,83	2179,27	0,00	0,00	
40	256,63	0,00	235,36	196,10	0,00	2179,27	2346,58	0,00	0,00	
41	253,75	0,00	231,17	194,70	0,00	2346,58	2510,78	0,00	0,00	
42	250,66	0,00	226,81	193,24	0,00	2510,78	2671,89	0,00	0,00	
43	247,35	0,00	222,27	191,72	0,00	2671,89	2829,94	0,00	0,00	
44	243,84	0,00	217,57	190,15	0,00	2829,94	2984,97	0,00	0,00	
45	240,11	0,00	212,69	188,51	0,00	2984,97	3137,02	0,00	0,00	
46	236,17	0,00	207,63	186,80	0,00	3137,02	3286,12	0,00	0,00	
47	232,01	0,00	202,40	185,04	0,00	3286,12	3432,33	0,00	0,00	
48	227,64	0,00	197,00	183,21	0,00	3432,33	3575,70	0,00	0,00	
49	223,05	0,00	191,42	181,31	0,00	3575,70	3716,27	0,00	0,00	
50	218,25	0,00	185,66	179,35	0,00	3716,27	3854,12	0,00	0,00	
51	213,23	0,00	179,72	177,31	0,00	3854,12	3989,30	0,00	0,00	
52	197,25	0,00	170,97	138,80	0,00	3989,30	4087,23	0,00	0,00	
53	304,59	0,00	272,46	173,73	0,00	4087,23	4195,13	0,00	0,00	
54	366,06	0,00	329,99	194,66	0,00	4195,13	4308,21	0,00	0,00	
55	363,28	0,00	326,64	193,73	0,00	4308,21	4418,90	0,00	0,00	
56	360,41	0,00	323,22	192,77	0,00	4418,90	4527,23	0,00	0,00	
57	367,88	0,00	331,88	186,53	0,00	4527,23	4625,22	0,00	0,00	
58	629,70	0,00	570,90	304,01	0,00	4625,22	4772,97	0,00	0,00	
59	635,61	0,00	575,29	305,64	0,00	4772,97	4915,73	0,00	0,00	
60	641,32	0,00	579,53	307,24	0,00	4915,73	5053,40	0,00	0,00	
61	646,83	0,00	583,60	308,79	0,00	5053,40	5185,89	0,00	0,00	
62	652,14	0,00	587,52	310,31	0,00	5185,89	5313,10	0,00	0,00	
63	657,25	0,00	591,27	311,80	0,00	5313,10	5434,97	0,00	0,00	
64	662,15	0,00	594,87	313,25	0,00	5434,97	5551,40	0,00	0,00	
65	666,84	0,00	598,30	314,66	0,00	5551,40	5662,32	0,00	0,00	
66	671,32	0,00	601,57	316,04	0,00	5662,32	5767,66	0,00	0,00	
67	702,76	0,00	629,26	329,33	0,00	5767,66	5870,40	0,00	0,00	
68	715,95	0,00	640,90	333,26	0,00	5870,40	5966,51	0,00	0,00	
69	728,90	0,00	652,37	337,16	0,00	5966,51	6055,75	0,00	0,00	
70	741,62	0,00	663,67	341,01	0,00	6055,75	6137,88	0,00	0,00	
71	754,10	0,00	674,80	344,82	0,00	6137,88	6212,70	0,00	0,00	
72	766,32	0,00	685,76	348,59	0,00	6212,70	6279,97	0,00	0,00	
73	778,31	0,00	696,55	352,32	0,00	6279,97	6339,48	0,00	0,00	
74	790,04	0,00	707,16	356,01	0,00	6339,48	6391,01	0,00	0,00	
75	801,52	0,00	717,60	359,67	0,00	6391,01	6434,37	0,00	0,00	
76	812,74	0,00	727,87	363,29	0,00	6434,37	6469,34	0,00	0,00	
77	823,71	0,00	737,97	366,87	0,00	6469,34	6495,74	0,00	0,00	
78	834,41	0,00	747,89	370,42	0,00	6495,74	6513,36	0,00	0,00	
79	89,18	0,00	79,95	39,53	0,00	6513,36	6514,72	0,00	0,00	
80	89,19	0,00	79,96	39,54	0,00	6514,72	6515,99	0,00	0,00	
81	758,68	0,00	680,00	336,52	0,00	6515,99	6523,39	0,00	0,00	
82	759,52	0,00	680,53	337,26	0,00	6523,39	6524,69	0,00	0,00	

Opere d'arte maggiori: Opere di imbocco - Galleria Acquasanta imbocco lato RM
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
83	760,16	0,00	680,91	337,97	0,00	6524,69	6519,90	0,00	0,00	
84	760,60	0,00	681,13	338,66	0,00	6519,90	6509,03	0,00	0,00	
85	760,83	0,00	681,19	339,31	0,00	6509,03	6492,08	0,00	0,00	
86	760,85	0,00	681,08	339,93	0,00	6492,08	6469,08	0,00	0,00	
87	808,31	0,00	723,70	361,41	0,00	6469,08	6437,49	0,00	0,00	
88	813,66	0,00	728,92	363,72	0,00	6437,49	6397,81	0,00	0,00	
89	453,35	0,00	406,25	202,79	0,00	6397,81	6372,44	0,00	0,00	
90	840,23	0,00	752,94	376,62	0,00	6372,44	6319,80	0,00	0,00	
91	839,55	0,00	752,36	377,36	0,00	6319,80	6259,88	0,00	0,00	
92	838,57	0,00	751,53	378,04	0,00	6259,88	6192,72	0,00	0,00	
93	837,29	0,00	750,45	378,69	0,00	6192,72	6118,39	0,00	0,00	
94	835,70	0,00	749,12	379,29	0,00	6118,39	6036,94	0,00	0,00	
95	833,80	0,00	747,51	379,84	0,00	6036,94	5948,47	0,00	0,00	
96	831,58	0,00	745,63	380,34	0,00	5948,47	5853,04	0,00	0,00	
97	829,03	0,00	743,47	380,80	0,00	5853,04	5750,77	0,00	0,00	
98	826,15	0,00	741,01	381,20	0,00	5750,77	5641,76	0,00	0,00	
99	822,94	0,00	738,25	381,54	0,00	5641,76	5526,13	0,00	0,00	
100	819,37	0,00	735,18	381,83	0,00	5526,13	5404,01	0,00	0,00	
101	707,27	0,00	635,11	330,68	0,00	5404,01	5292,29	0,00	0,00	
102	711,10	0,00	639,50	332,95	0,00	5292,29	5173,32	0,00	0,00	
103	714,69	0,00	643,72	335,19	0,00	5173,32	5047,07	0,00	0,00	
104	848,60	0,00	765,06	399,57	0,00	5047,07	4889,42	0,00	0,00	
105	844,06	0,00	761,26	399,92	0,00	4889,42	4725,07	0,00	0,00	
106	777,10	0,00	701,04	370,60	0,00	4725,07	4567,20	0,00	0,00	
107	771,77	0,00	696,33	370,55	0,00	4567,20	4404,24	0,00	0,00	
108	766,09	0,00	691,26	370,44	0,00	4404,24	4236,42	0,00	0,00	
109	760,05	0,00	685,80	370,25	0,00	4236,42	4063,96	0,00	0,00	
110	753,62	0,00	679,95	369,99	0,00	4063,96	3887,10	0,00	0,00	
111	700,35	0,00	631,78	346,56	0,00	3887,10	3717,53	0,00	0,00	
112	694,05	0,00	625,93	346,20	0,00	3717,53	3544,54	0,00	0,00	
113	687,42	0,00	619,70	345,76	0,00	3544,54	3368,39	0,00	0,00	
114	680,43	0,00	613,07	345,24	0,00	3368,39	3189,35	0,00	0,00	
115	694,52	0,00	625,52	355,46	0,00	3189,35	3001,55	0,00	0,00	
116	688,62	0,00	620,05	355,51	0,00	3001,55	2810,10	0,00	0,00	
117	682,30	0,00	614,11	355,47	0,00	2810,10	2615,28	0,00	0,00	
118	675,55	0,00	607,66	355,33	0,00	2615,28	2417,44	0,00	0,00	
119	668,35	0,00	600,67	355,09	0,00	2417,44	2216,94	0,00	0,00	
120	660,69	0,00	593,11	354,75	0,00	2216,94	2014,17	0,00	0,00	
121	460,97	0,00	413,21	249,95	0,00	2014,17	1870,21	0,00	0,00	
122	455,66	0,00	407,72	249,29	0,00	1870,21	1726,16	0,00	0,00	
123	597,44	0,00	532,96	330,70	0,00	1726,16	1535,19	0,00	0,00	
124	584,20	0,00	518,74	328,17	0,00	1535,19	1346,80	0,00	0,00	
125	570,50	0,00	503,84	325,46	0,00	1346,80	1161,58	0,00	0,00	
126	624,18	0,00	547,36	362,42	0,00	1161,58	958,23	0,00	0,00	
127	603,74	0,00	524,45	357,76	0,00	958,23	761,90	0,00	0,00	
128	582,05	0,00	499,76	352,57	0,00	761,90	574,05	0,00	0,00	
129	559,57	0,00	473,75	346,99	0,00	574,05	395,94	0,00	0,00	
130	536,25	0,00	446,31	340,97	0,00	395,94	228,91	0,00	0,00	
131	512,03	0,00	417,33	334,47	0,00	228,91	74,44	0,00	0,00	
132	486,86	0,00	386,66	327,44	0,00	74,44	-65,86	0,00	0,00	
133	460,69	0,00	354,15	319,81	0,00	-65,86	-190,23	0,00	0,00	
134	423,79	0,00	312,55	304,54	0,00	-190,23	-294,33	0,00	0,00	
135	396,01	0,00	276,75	295,59	0,00	-294,33	-378,84	0,00	0,00	
136	349,79	0,00	227,91	272,09	0,00	-378,84	-439,03	0,00	0,00	
137	17,28	0,00	28,60	3,56	0,00	-439,03	-462,10	0,00	0,00	
138	340,53	0,00	570,17	71,07	0,00	-462,10	-924,89	0,00	0,00	
139	315,86	0,00	540,97	67,56	0,00	-924,89	-1369,24	0,00	0,00	
140	296,86	0,00	520,99	65,22	0,00	-1369,24	-1802,32	0,00	0,00	
141	269,56	0,00	485,77	60,99	0,00	-1802,32	-2211,01	0,00	0,00	
142	240,74	0,00	446,31	56,25	0,00	-2211,01	-2591,02	0,00	0,00	
143	210,17	0,00	401,75	50,90	0,00	-2591,02	-2937,17	0,00	0,00	
144	157,76	0,00	311,01	39,70	0,00	-2937,17	-3208,12	0,00	0,00	
145	126,76	0,00	257,69	33,29	0,00	-3208,12	-3434,94	0,00	0,00	
146	103,58	0,00	217,67	28,51	0,00	-3434,94	-3628,50	0,00	0,00	
147	72,83	0,00	159,88	20,71	0,00	-3628,50	-3772,33	0,00	0,00	
148	40,89	0,00	95,57	11,65	0,00	-3772,33	-3859,49	0,00	0,00	
149	7,69	0,00	18,76	2,29	0,00	-3859,49	-3876,76	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 - T00GN02OSTFG01
- [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 - T00GA03OSTPP02
- [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