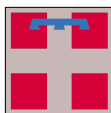


REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DEL
VERBANO CUSIO OSSOLA



COMUNE DI TRONTANO

PROGETTO DI RINNOVO ED AMPLIAMENTO DELLA CAVA DI BEOLA DENOMINATA "SERVEZZ"

ADEMPIMENTI:

Legge Regionale n.40/98, articolo 12 e s.m.i.

- RELAZIONE GEOLOGICO e GEOMECCANICA -

Il Tecnico

Dott. Geol. Riccardo Frenca

Via Pignari, 18
12037 Saluzzo (CN), IT
cell.: 328.5327610
e-mail: riccardo.frenca@geologipiemonte.it

Il Committente:

Soc. Cava Favalle S.r.l. unipersonale
Via G. Trabucchi, 29
28845 Domodossola (VB)

Settembre 2020

INDICE

1. PREMESSA	4
2. RELAZIONE GEOLOGICA.....	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
2.2 GEOLOGIA DI DETTAGLIO	9
2.3 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO.....	12
3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	13
3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE	13
3.2 IDROGEOLOGIA DELL'AREA	14
4. REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI	15
4.1 PREMESSA	15
4.2 DIMENSIONAMENTO CANALETTE A RECUPERO AMBIENTALE ESEGUITO	15
4.3 VASCHE DI CHIARIFICAZIONE	15
5. QUADRO DEL DISSESTO	16
6. ANALISI GEOSTRUTTURALE E GEOMECCANICA DEL SITO.....	18
6.1 PREMESSA	18
6.2 ANALISI GEOSTRUTTURALE	19
6.3 RICOSTRUZIONE GEOSTRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	21
6.3.1 <i>Resistenza a compressione monoassiale della roccia</i>	22
6.4 CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	22
6.4.1 <i>Metodo di Barton (Sistema Q)</i>	22
6.5 METODO DI BIENIAWSI	24
7. RELAZIONE SISMICA	27
7.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO.....	27
7.1.1 <i>Stati limite di riferimento</i>	28
7.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018	29
7.2.1 <i>Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica</i>	29
7.2.2 <i>Azione sismica attesa al sito</i>	31
8. VERIFICHE DI STABILITÀ MEDIANTE “TEST DI MARKLAND”	35
8.1 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI	36
9. VERIFICA DI STABILITÀ DEI CINEMATISMI INDIVIDUATI.....	39
9.1 SCIVOLAMENTI DI CUNEI IN ROCCIA.....	39
9.1.1 <i>Scivolamento di cuneo in roccia – SCE1</i>	41
9.2 INSTABILITÀ FLESSIONALE (BUCKLING)	43
9.2.1 <i>Verifica del fronte con altezza di 90 m – in condizioni non sismiche</i>	44
dott. Geol. FRENCA Riccardo – n. 715 Ordine Regionale Geologi del Piemonte – Sez. A	2
328.53.27.610 – Via Pignari, 18 – 12037 SALUZZO (CN)	
riccardo.frenca@gmail.com – riccardo.frenca@geologipiemonte.it	

9.2.2	Verifica del fronte con altezza di 90 m – in condizioni sismiche	45
9.2.3	Verifica del fronte con altezza di 65 m – in condizioni non sismiche	46
9.2.4	Verifica del fronte con altezza di 65 m – in condizioni sismiche	47
9.2.5	Verifica del fronte con altezza di 45 m – in condizioni non sismiche	48
9.2.6	Verifica del fronte con altezza di 45 m – in condizioni sismiche	49
9.3	VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	50
10.	CONCLUSIONI	51

ALLEGATO: VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

1. PREMESSA

Questo elaborato è parte integrante dello studio relativo al progetto di rinnovo e ampliamento della cava di pietra ornamentale (*Beola*), denominata Servez, sita nel Comune di Trontano.

In questa relazione saranno esposte le peculiarità geologiche, geomorfologiche e geomeccaniche dell'area su cui è prevista la richiesta di proroga di un'attività estrattiva già esistente, col fine di consigliare e prescrivere le soluzioni tecniche opportune e di valutare la compatibilità dell'intervento proposto con l'assetto geologico dell'area.

Il presente studio geologico e geostrutturale si basa su sopralluoghi e rilievi effettuati nell'ambito dell'attività estrattiva in progetto e in un suo intorno significativo.

La caratterizzazione geostrutturale è stata effettuata sia sulle porzioni di ammasso roccioso già interessate dall'attività di coltivazione pregressa che sulle porzioni (dove affioranti) interessate dalla proroga in oggetto o in prossimità allo stesso.

L'analisi geologica dell'area è così costituita:

- inquadramento geologico generale;
- modello geologico di dettaglio (geomorfologia, litostratigrafia e strutture);
- analisi geostrutturale e geomeccanica;
- verifiche di stabilità dei fronti rocciosi e dei cunei di roccia instabili;
- verifica di stabilità, ribaltamento, scorrimento e carico limite dei muri di sostegno in progetto.

Lo studio è stato redatto in ottemperanza a quanto richiesto dalla Circolare del Presidente della Giunta Regionale del 18/09/1995 n. 21/LAP, dalla L.R. n. 23 del 17/11/2016 e del regolamento 11.R della Regione Piemonte, dalla L.R. 45/1989 *Norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici* e al D.M. 17/01/2018 *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18)*.

2. RELAZIONE GELOGICA

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento si trova lungo il fianco sinistro idrografico della Val d'Ossola, in località Servez nel Comune di Trontano.

Da un punto di vista geomorfologico la Val d'Ossola ha una classica forma glaciale fino a Domodossola, a monte della piana dell'abitato sono ancora presenti i caratteri erosionali di origine glaciale ma si fanno più evidenti svariate forme di origine torrentizia subglaciale e postglaciale.

L'azione dei corsi d'acqua è evidente all'interno delle incisioni che scendono lunghi i versanti; i depositi di origine fluviale sono meno evidenti in questo ambito, al contrario risultano più facilmente riconoscibili ed evidenti più a valle, dove i torrenti sfociano nella valle del Toce e generano talvolta grandi accumuli (conoidi).

Infine l'azione della gravità è riconoscibile prevalentemente per la formazione di importanti accumuli di massi e blocchi eterogenei ai piedi delle pareti verticali (frane di crollo). Il territorio subisce l'azione di altri fattori di modellamento come lo scorrimento di acque superficiali non incanalate, gli agenti atmosferici (principalmente cicli gelo-disgelo) e l'azione antropica (attività estrattive, scavi in generale e cumuli di materiale di riporto).

I terreni oggetto dell'intervento appartengono ad un territorio tipicamente alpino, caratterizzato da versanti scoscesi e da numerosi impluvi che li percorrono.

L'elemento morfologico principale è costituito dalla profonda incisione della Valle del Toce, che attraversa l'intero territorio comunale con orientazione circa N-S, il solco scavato dal ghiacciaio, prima, e dal corso d'acqua poi è parzialmente riempito dai detriti che costituiscono la piana di fondovalle.

Nei pressi di Domodossola la pianura risulta notevolmente più ampia dei tratti più elevati che presentano caratteristiche di tipo montano.

I versanti che bordano la valle sono piuttosto acclivi, e sono solcati da profonde incisioni dovute allo scorrimento delle acque superficiali all'interno di impluvi.

Più in dettaglio, l'area in esame si trova sul versante orografico sinistro della valle del fiume Toce, ad una quota di circa 300 m s.l.m., in un settore di versante in cui il pendio degrada in modo piuttosto acclive verso sud-ovest.

Per effettuare una ricostruzione del quadro geologico generale si può dire che risalendo la Val d'Ossola da Verbania è possibile osservare uno spaccato molto completo delle strutture che costituiscono l'apparato alpino; l'assetto geologico è

piuttosto complesso essendo presenti in pochi km molti elementi strutturali che compongono la catena alpina.

Il primo dominio alpino riconoscibile è la *Zona Ivrea-Verbano*, costituito da kinzigiti con rocce basiche e localmente da peridotiti del mantello; questo dominio a differenza dei successivi fa parte delle cosiddette *Alpi meridionali o Sudalpino*. Con questo termine si indicano quei complessi e quelle unità a vergenza africana, questa porzione di catena alpina è in contatto tettonico con la catena a vergenza europea, la "linea" che divide questi due elementi geologici prende il nome di *Lineamento Periadriatico*. Questo lineamento è costituito da fratture subverticali di tipo trascorrente che a seconda della zona prendono nomi diversi: *del Canavese, del Tonale, della Pusteria, della Gailtal*.

Superata la linea del Canavese (dopo Vogogna) si entra nella catena alpina a vergenza europea, qui troviamo dapprima la *Zona Sesia-Lanzo (Austroalpino)*.

Procedendo verso nord (risalendo la valle) si incontrano la *Falda Pennidica Superiore* (del Monte Rosa), *le Ofioliti di Antrona* e la *zona di Camughera-Moncucco*.

Alla base di queste è presente la *Linea del Sempione*, ovvero una faglia poco inclinata lungo la quale ha agito un movimento distensivo, che si ritiene abbia favorito la "denudazione tettonica" della *Zona Pennidica Inferiore*, quest'ultima è costituita nel settore a nord di Domodossola dalle falde *del Monte Leone, del Lebendum, di Antigorio e dalla cupola di Verampio*.

Queste falde sono costituite da prevalenti ortogneiss granitici ercinici e sono separate da sinclinali mesozoiche, hanno subito un solo ciclo metamorfico polifasico, da un punto di vista strutturale sono caratterizzate da grandi pieghe isoclinali coricate (a tratti suborizzontali).

L'area in esame ricade sul foglio n° 15 "*Domodossola*" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, di cui si riporta un estratto in seguito.

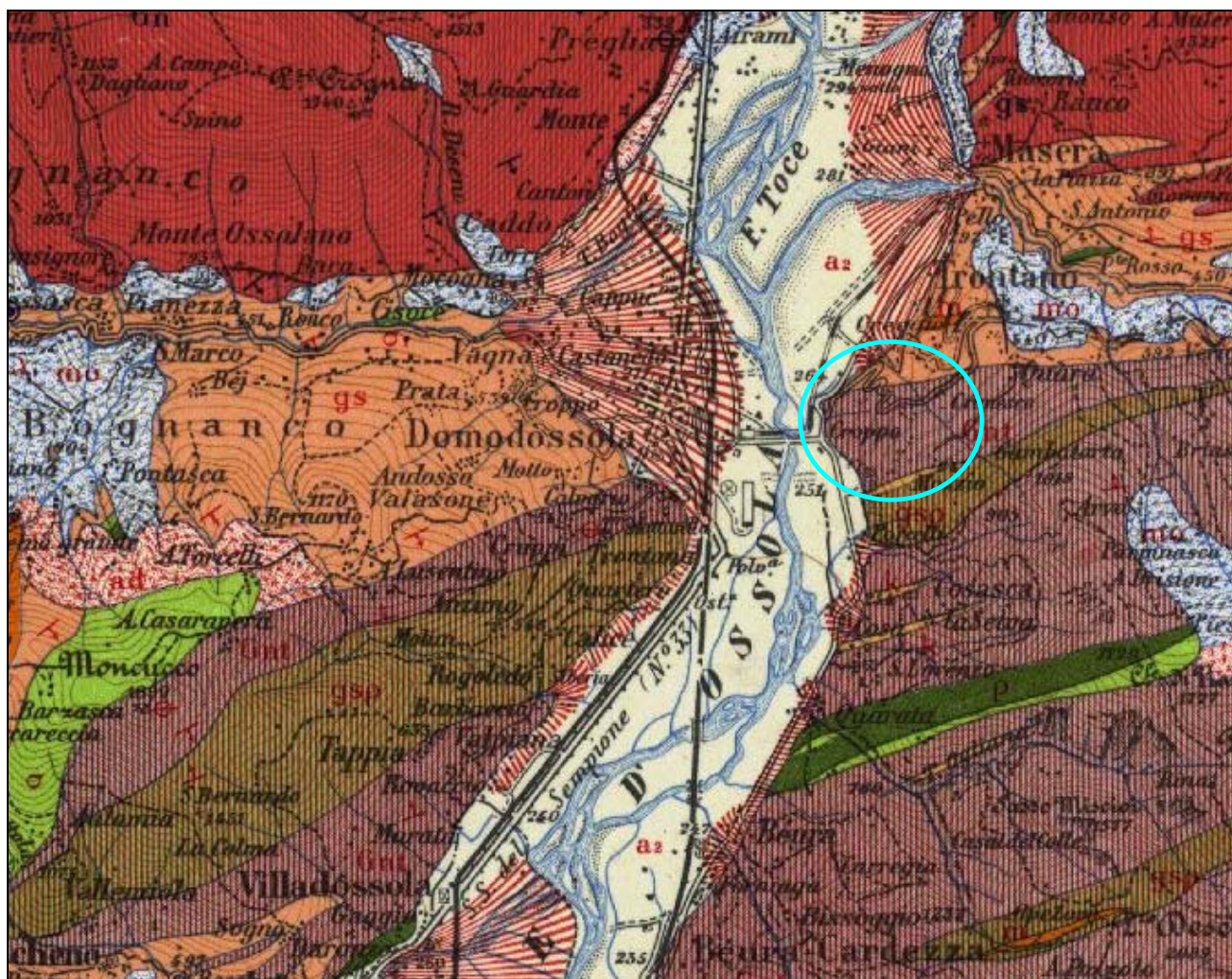
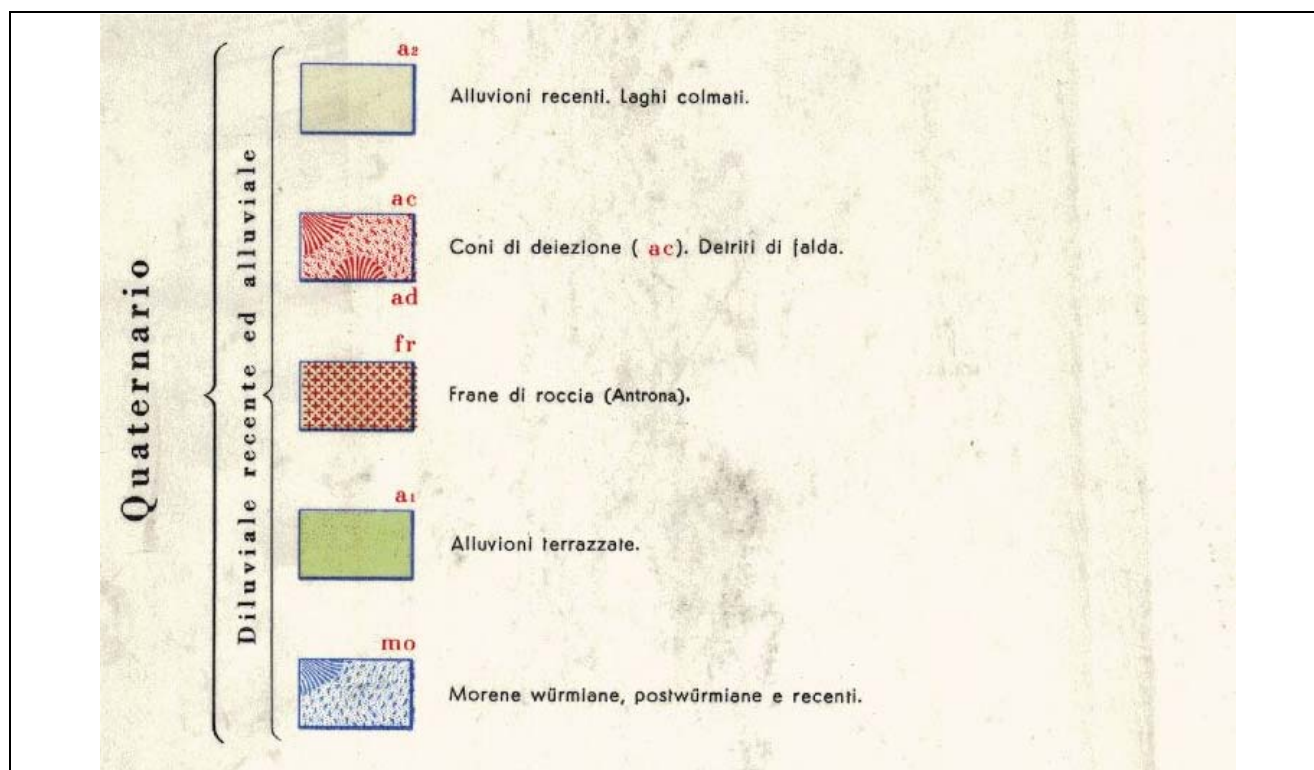
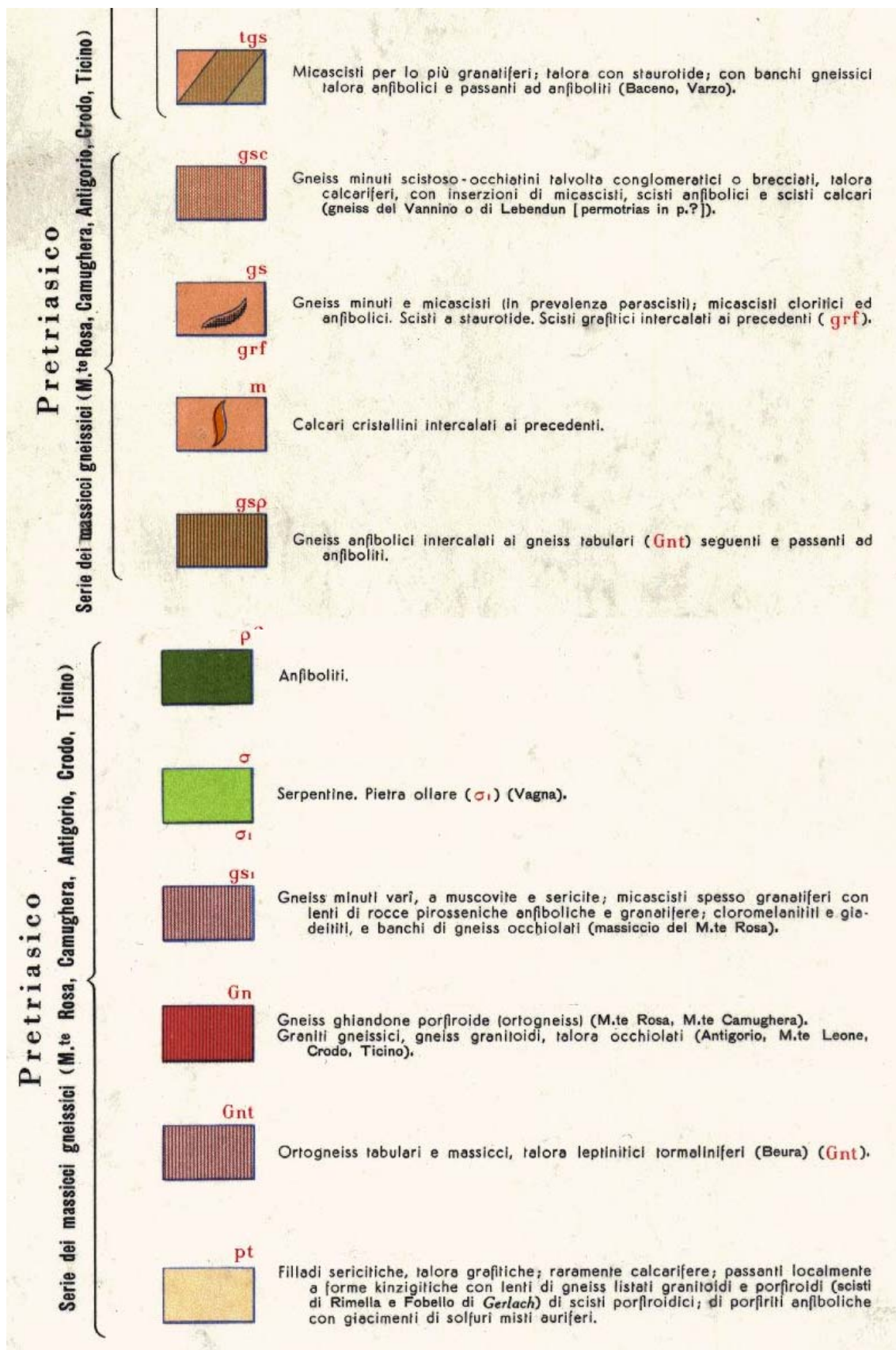


Figura 1: carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, foglio 15, e relativa legenda semplificata (a seguire). Evidenziata in azzurro l'area in esame.





2.2 GEOLOGIA DI DETTAGLIO

L'area di cava è impostata all'interno di un potente orizzonte di ortogneiss granitici (protoliti di età Permiana) tabulari, la cui struttura geometrica prevalente è la scistosità generatasi durante gli eventi metamorfici alpini, l'ortogneiss è inglobato da paragneiss e micascisti (sia biotitici che muscovitici)

La giacitura dei piani di scistosità è sub-verticale, l'ortogneiss risulta pertanto diviso in bancate verticali.

Questo andamento geometrico dell'ammasso roccioso condiziona la coltivazione dello gneiss nelle aree di cava, le bancate rocciose tenderanno a variare lateralmente (in senso trasversale alla scistosità) le proprie caratteristiche mineralogiche, tessiturali e geometriche; mantenendole invece più costanti lungo i piani di scistosità, ovvero in senso longitudinale alla scistosità stessa. Per un maggior dettaglio sulle caratteristiche geostrutturali dell'ammasso roccioso in coltivazione si rimanda al capitolo dedicato.

La roccia interessata dall'attività mineraria è un ortogneiss classificato commercialmente come "*Beola Grigia*", per via della omogeneità dimensionale dei costituenti mineralogici e per la costituzione mineralogica stessa (mica scura prevalente, relitti quarzosi e feldspatici).

L'ammasso roccioso è localmente ricoperto da un deposito quaternario-recente costituito da coltre detritico-colluviale di versante a cui, in alcuni settori si sostituisce o si sovrappone un deposito antropico rimaneggiato (in prossimità delle piste e/o dei piazzali).

Il deposito detritico-colluviale è costituito da frammenti ghiaioso-ciottolosi, spigolosi, immersi in una matrice limosa e presenta spessori dell'ordine dei 50-100 cm.

Da un punto di vista geomorfologico i versanti montani dell'area in esame sono presenti relitti dell'azione del ghiacciaio, sia come azioni erosive (più rare) come rocce montonate e strie glaciali, sia come azioni deposizionali (depositi morenici).

Le aree di fondovalle sono invece caratterizzate dall'azione del Fiume Toce, la cui dinamica evolutiva modella la superficie topografica; si tratta di una piana alluvionale in cui si ritrovano depositi recenti/attuali costituiti da una granulometria prevalente grossolana (ghiaie e ciottoli) e da depositi più antichi che risultano più ricchi di materiale fine e ricoperti da una coltre fine (terreno vegetale).

In seguito si riporta una serie di immagini fotografiche del sito di cava.

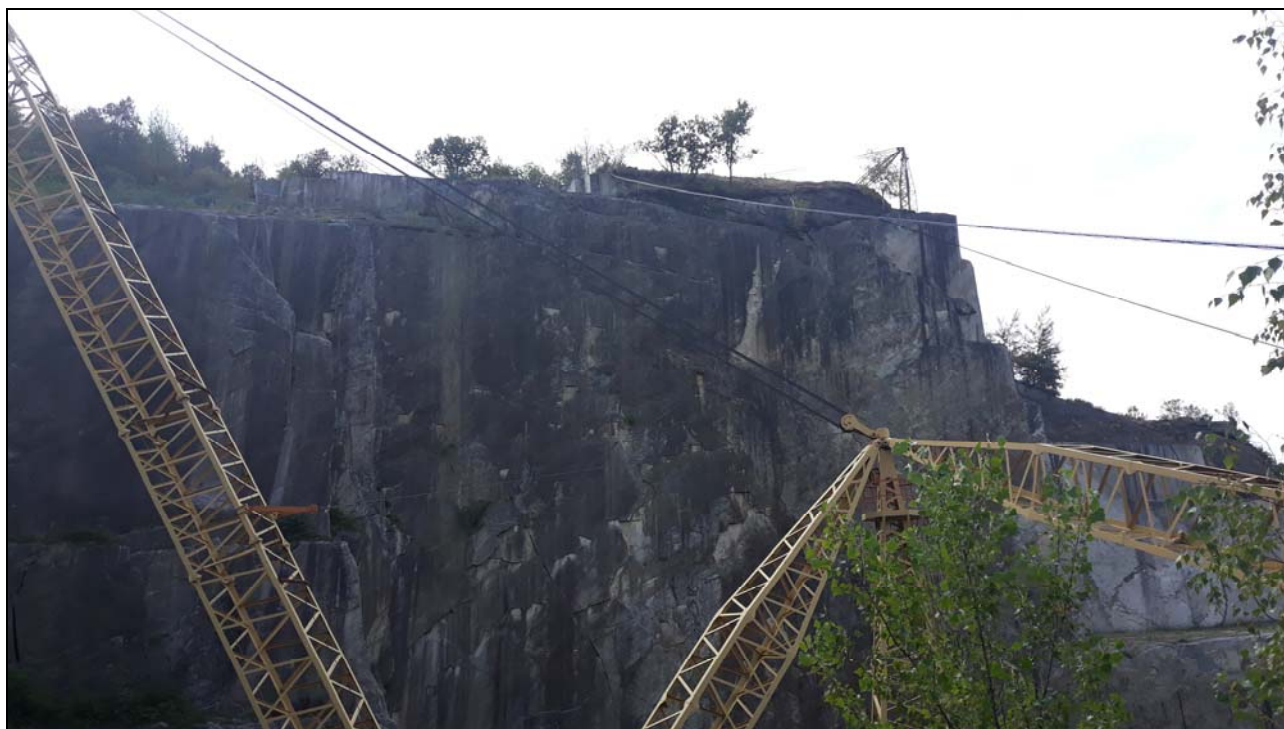


Figura 2: immagine fotografica in cui si vede il fronte meridionale della cava.



Figura 3: immagine fotografica di dettaglio della porzione più elevata della parete sud della cava.



Figura 4: immagine fotografica in cui si vede il fondoscavo attuale.

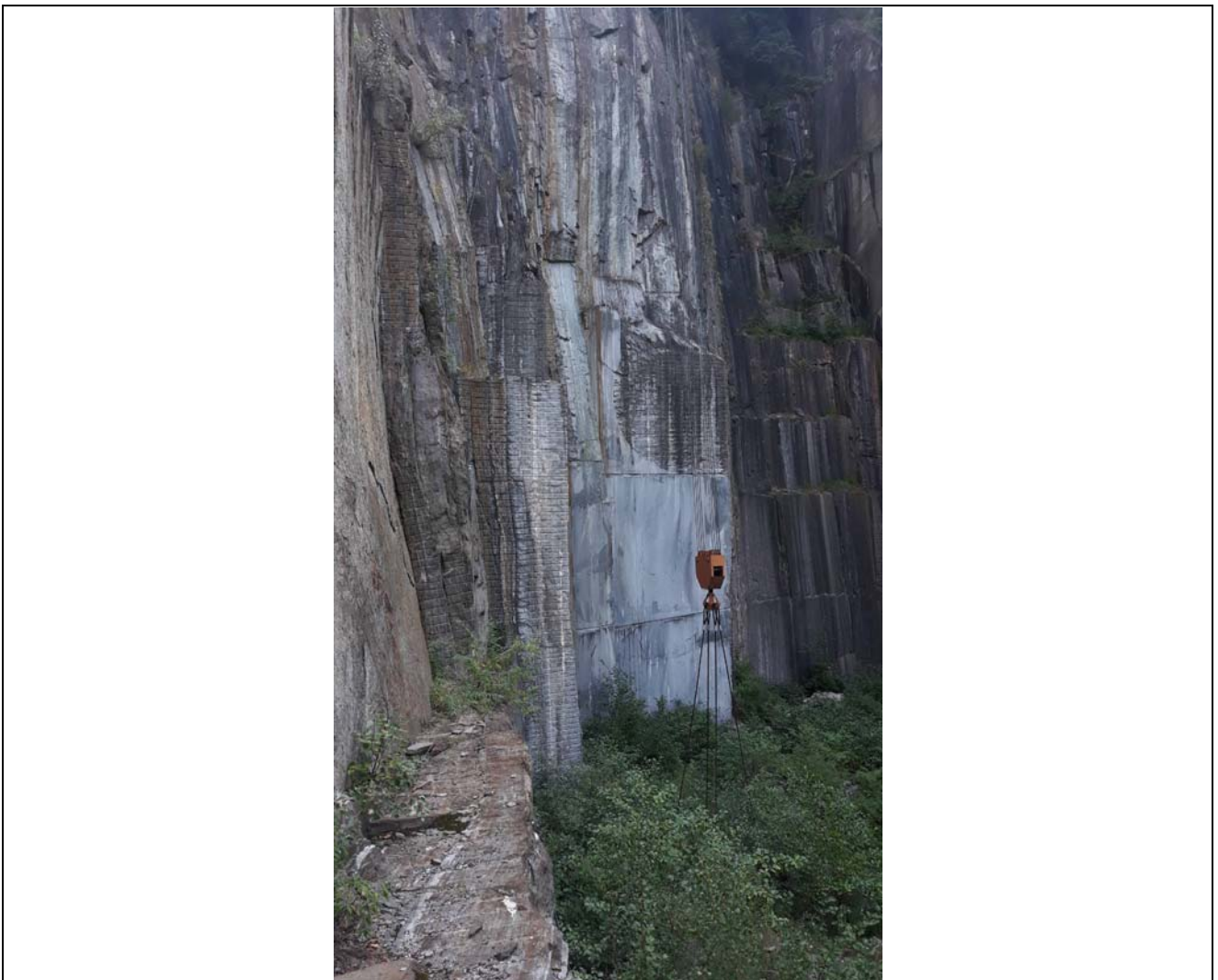


Figura 5: immagine fotografica in cui si vede la parete orientale della cava.

2.3 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DI DETTAGLIO

Le caratteristiche litostratigrafiche dell'area, emerse dai sopralluoghi e dagli scavi effettuati nell'autorizzazione precedente, sono così riassumibili:

0,0 – 0,1/1,0 m: deposito detritico-colluviale, si tratta di frammenti lapidei di dimensione ghiaioso-ciottolosa in matrice limosa, ricoperto da un debolissimo suolo poco o per nulla evoluto; localmente frammisto o sostituito da deposito antropico rimaneggiato;

da 0,1/1,0: substrato roccioso costituito da ortogneiss tabulare a grana medio-fine (*beola*).

3. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Il corso d'acqua principale dell'area è il Fiume Toce, che scorre con andamento circa N-S nella valle principale ad una distanza di circa 500 m in direzione ovest dal sito in esame.

La quota del fiume Toce è di circa 260 m s.l.m. nei pressi del sito di cava, per cui questo corso d'acqua non può interferire con l'attività estrattiva in progetto (fondoscavo quota 300).

Il corso d'acqua più prossimo all'area in esame è un corso d'acqua (privo di toponimo su C.T.R.), si tratta di un affluente di sinistra del Toce che scende lungo il fianco vallivo con pendenza molto elevata (30-45°).

È un corso d'acqua a carattere torrentizio e portate molto irregolari, con letto parzialmente in roccia che testimonia l'elevato grado di erosione di sponda e di fondo e la corrispondente scarsissima deposizione di materiale solido, che solitamente durante gli eventi di piena viene trasportato aumentando la capacità erosiva del corso d'acqua.

Il rio si trova a circa 200 m a nord dall'area di intervento.

Nell'area sono poi presenti piccoli impluvi e canali che confluiscono le acque superficiali nei recettori principali.

Nell'area di cava è prevista la regimazione delle acque superficiali mediante canalette, le acque che transiteranno sui piazzali di scavo saranno convogliate e scaricate verso ovest (verso il Toce) dopo aver attraversato la batteria di vasche per la decantazione dei materiali in sospensione.

Si avrà cura di realizzare tutte le opere necessarie al corretto deflusso delle acque superficiali oltre ad effettuare sulle stesse le operazioni di manutenzione quando ve ne sarà bisogno.

3.2 IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Come già descritto nell'inquadramento geologico l'area di cava è costituita da roccia affiorante e scarsi lembi di copertura di natura eluvio-colluviale e glaciali, questi accumuli sono perlopiù di spessore modesto (decimetrici) e poco continui lateralmente, soprattutto nella porzione superiore dell'area di cava.

Questo comporta una scarsa infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo ed una modestissima capacità di immagazzinamento delle rocce presenti nell'area.

L'acqua che precipita durante gli eventi meteorici tende a scorrere superficialmente e solo una piccola parte di essa rimane imprigionata negli accumuli eluvio-colluviali.

Il substrato roccioso è impermeabile e la circolazione idrica sotterranea al suo interno è limitata alla permeabilità per fessurazione, ovvero l'acqua può circolare solamente all'interno delle fratture aperte presenti nell'ammasso roccioso.

L'assenza di un cappellaccio corticale, il fatto che alcune fratture sono chiuse ed altre sono isolate comporta che la presenza di acque sotterranee all'interno dell'ammasso roccioso risulti molto scarsa o nulla.

In sostanza, nell'area in esame non è presente una vera e propria falda idrica, l'eventuale presenza di acque sotterranee è molto discontinua e limitata, come detto, alla presenza di discontinuità nell'ammasso roccioso.

L'accumulo di modeste quantità di acqua è possibile all'interno dei depositi superficiali quaternari (depositi eluvio-colluviali, depositi glaciali e accumuli antropici), tuttavia anche all'interno di questi depositi la presenza di acqua è molto discontinua: sia per la discontinuità dei corpi stessi sia per l'inclinazione del pendio (che facilita lo scorrimento verso valle delle acque superficiali sfavorendone l'infiltrazione nel sottosuolo).

Pertanto i corpi idrici sotterranei, qualora presenti, sono caratterizzati da portate idriche generalmente modeste e temporanee, dipendenti dalle dimensioni del deposito e dalla sua granulometria.

Durante i sopralluoghi effettuati non sono state rilevate venute di acque sotterranee, sorgenti o altri indizi che possano indicare una situazione idrica sotterranea diversa da quella descritta in precedenza.

4. REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

4.1 PREMESSA

Per la richiesta di proroga dell'autorizzazione alla coltivazione di cava si precisa che verranno mantenute le dimensioni delle canalette di regimazione idraulica e delle vasche di decantazione già proposte durante la fase progettuale autorizzativa.

In seguito si riportano le dimensioni delle opere in progetto mentre si rimanda alla relazione specialistica del progetto del polo autorizzato (Croppo 2) ⁽¹⁾ per una descrizione di maggior dettaglio della modalità di calcolo degli apporti meteorici.

4.2 DIMENSIONAMENTO CANALETTE A RECUPERO AMBIENTALE ESEGUITO

La portata massima da smaltire era stata stimata in: **0,653 m³/s.**

Si prevede di poter smaltire una portata simile mediante una canaletta a sezione trapezia avente le seguenti dimensioni:

Base maggiore: 80 cm

Base minore: 50 cm

Altezza: 50 cm

Per una portata di 0,756 m³/s.

4.3 VASCHE DI CHIARIFICAZIONE

Le acque meteoriche dopo essere state raccolte nel punto più basso verranno convogliate verso Ovest, dal sistema di canalette dimensionate precedentemente, per raggiungere la batteria di vasche di chiarificazione.

L'insieme delle vasche è costituito da 4 vasche aventi ciascuna dimensioni pari a 2,5m x 2,5 m e altezza allo sfioro di 1,6 m; per un totale di circa 10 m³ per ciascuna vasca.

Da qui le acque saranno immesse nella roggia esistente già attualmente utilizzata per lo smaltimento delle acque di cava.

⁽¹⁾ Dott. Geol. Marangon P., *Relazione geologico-tecnica – Progetto di ampliamento delle cave di Beola denominate Servez e Piodale appartenenti al "polo Croppo 2", Domodossola, Luglio 2011.*

5. QUADRO DEL DISSESTO

Il Comune di Trontano è regolamentato dal P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i. e della Circolare P.R.G. n.7/LAP del 6 Maggio 1996 in adeguamento al P.A.I.

La consultazione dell'elaborato "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", permette di verificare come la cava in esame e l'intorno ricada in aree classificate in classe IIIa.

Come visibile dalla cartografia IFFI/SIFRAP e RERCOMF – Rete regionale controllo fenomeni franosi e dalle banche dati "BDGeo100_frane" e "BDGeo100_areeinstabili" (di cui si riporta in seguito un estratto inerente all'area in esame – figura seguente), reperibili sul sito *web* dell'ARPA Piemonte, risulta che non sono presenti fenomeni di dissesto gravitativo nell'area in oggetto.

Grazie alla consultazione delle tavole del PAI è stato possibile constatare l'assenza di rischi legati alla dinamica idraulica dei rii minori oltre a verificare l'assenza di eventuali movimenti franosi nel settore in esame.

Questo dato risulta verificato anche per quanto si è potuto vedere durante i sopralluoghi effettuati: non si evidenziano particolari problematiche connesse a dissesti di carattere idrogeologico in atto, pregressi o potenzialmente attivabili.

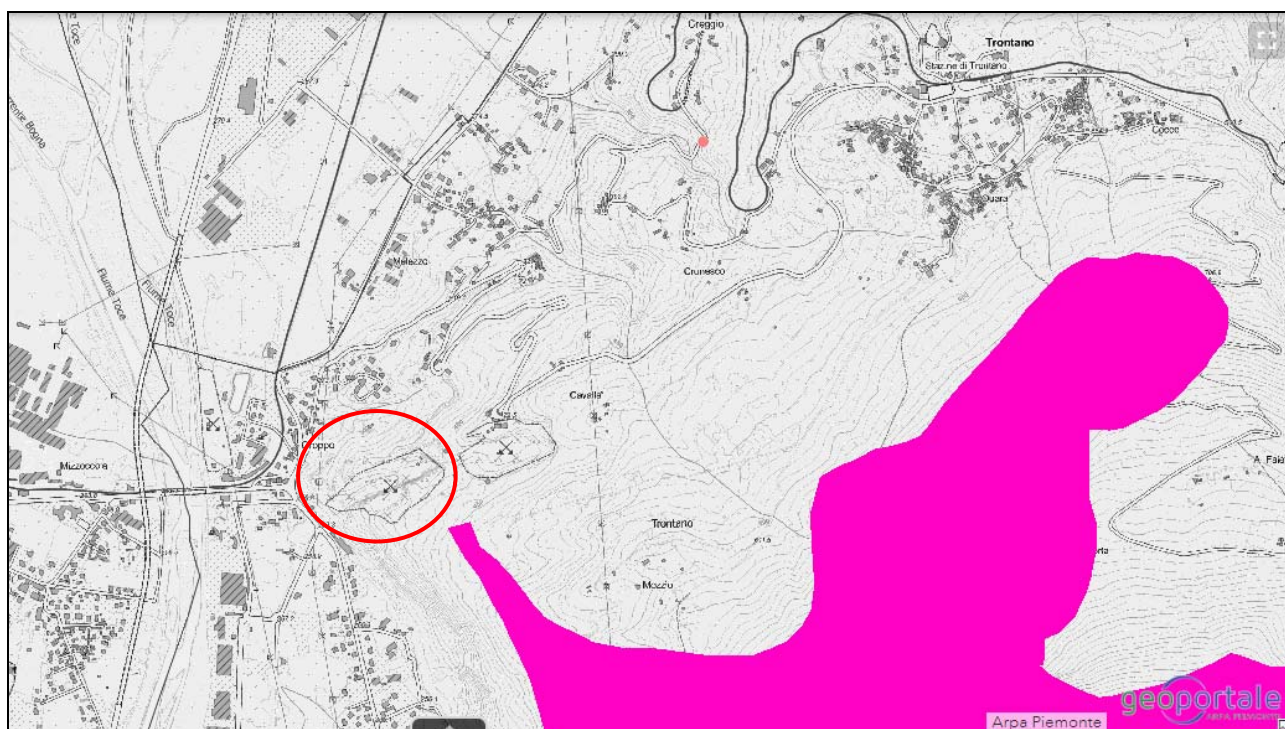


Figura 6: estratto di cartografia tratto dal sito web dell'ARPA Piemonte, riportante i dati presenti negli studi dei progetti IFFI/SIFRAP e RERCOMF e le banche dati "BDGeo100_frane e BDGeo100_aree instabili", con evidenziata in rosso l'area di intervento.

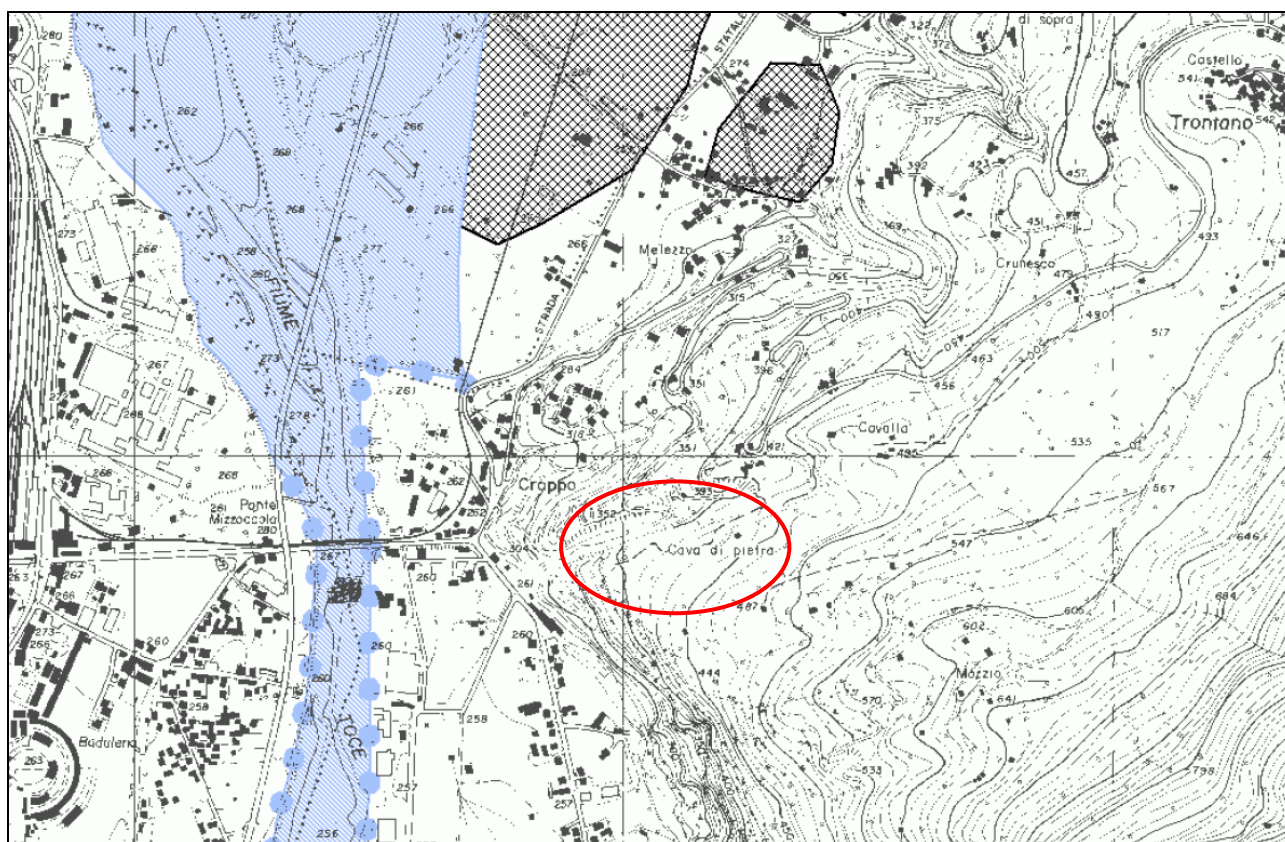


Figura 7: estratto di cartografia tratto da Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto – Foglio 051 – sez. I Domodossola. Fonte sito web dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (www.adbpo.it).

6. ANALISI GEOSTRUTTURALE E GEOMECCANICA DEL SITO

6.1 PREMESSA

L'analisi geostrutturale e geomeccanica di un ammasso roccioso è basata sul riconoscimento delle varie famiglie di discontinuità che lo costituiscono e sulla caratterizzazione delle proprietà fisiche della roccia e delle discontinuità stesse.

La procedura adottata è quella indicata dalle raccomandazioni ISRM, così come riportate sulla "rivista italiana di geotecnica" numero 2/93, e prevede l'esecuzione di un rilievo geostrutturale dell'ammasso roccioso, durante il quale vengono misurati e stimati, per ogni discontinuità riconosciuta, i seguenti parametri: orientazione (o giacitura), spaziatura, persistenza, scabrezza, resistenza delle pareti, apertura, riempimento, filtrazione (presenza di acqua), numero di sistemi di discontinuità, dimensione dei blocchi, tipo di terminazione.

In seguito alla rilevazione delle caratteristiche delle discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso si rende necessaria un'elaborazione statistica al fine di estrapolare i dati medi e caratteristici di ogni famiglia di giunti.

Primo e fondamentale passo è l'individuazione stessa delle famiglie di discontinuità; per effettuare queste analisi verranno plottati i dati di giacitura, misurati sul terreno, all'interno di appositi diagrammi (diagramma di Schmidt).

A questo punto verranno calcolati per ogni famiglia i parametri caratteristici che la descrivono (giacitura, persistenza, ...).

L'analisi geomeccanica dell'ammasso roccioso verrà effettuata utilizzando i metodi di Barton e di Bieniawski (che saranno descritti in dettaglio nel seguito); la valutazione della resistenza alla compressione uniassiale viene effettuata mediante l'utilizzo di un apposito strumento (martello di Schmidt o sclerometro).

6.2 ANALISI GEOSTRUTTURALE

Nel caso specifico trattandosi di una proroga di un progetto già autorizzato si è ritenuto sufficiente eseguire alcuni sopralluoghi sul sito di cava durante i quali sono stati esaminati i fronti già in coltivazione e lo stato dell'ammasso roccioso, tenendo valide le misure geostrutturali e geomeccaniche eseguite nella fase progettuale precedentemente autorizzata.

Si è proceduto a una verifica "random" dei dati misurati, per controllare la continuità dei dati già raccolti nella precedente fase autorizzativa.

In questo caso si tratta di dati misurati "random" per la sola verifica della continuità dei dati già raccolti in passato.

Si terrà conto pertanto dei dati provenienti dai rilievi geostrutturali eseguiti negli anni passati per la progettazione di apertura della cava e successive integrazioni.

I rilievi geostrutturali sono posti alla base dei fronti di scavo o dei fronti naturali con orientazioni diverse tra loro al fine di favorire il riconoscimento di tutte le famiglie di discontinuità presenti nell'ammasso roccioso.

Durante l'esecuzione degli stendimenti strutturali sono stati misurati e riportati:

- il tipo di discontinuità (SS = scistosità, D = frattura, ST = superficie di taglio);
- la direzione di immersione e l'angolo di inclinazione della discontinuità;
- la spaziatura tra due discontinuità della medesima famiglia (espressa in m);
- la persistenza della discontinuità (lunghezza espressa in m);
- la terminazione (X = non visibile, R = roccia, D = discontinuità);
- la scabrezza della superficie della discontinuità ($0 < JRC < 20$);
- la presenza di eventuale alterazione lungo i piani che costituiscono la discontinuità;
- l'apertura tra i due lembi della discontinuità (espressa in mm);
- l'eventuale riempimento (indicandone il materiale);
- l'eventuale presenza di acqua lungo la discontinuità (da I = assenza di acqua a IV = flusso d'acqua).

Nelle pagine seguenti sono riportati sul diagramma equiareale di Schmidt i poli dei piani delle discontinuità misurate durante i rilievi geostrutturali.

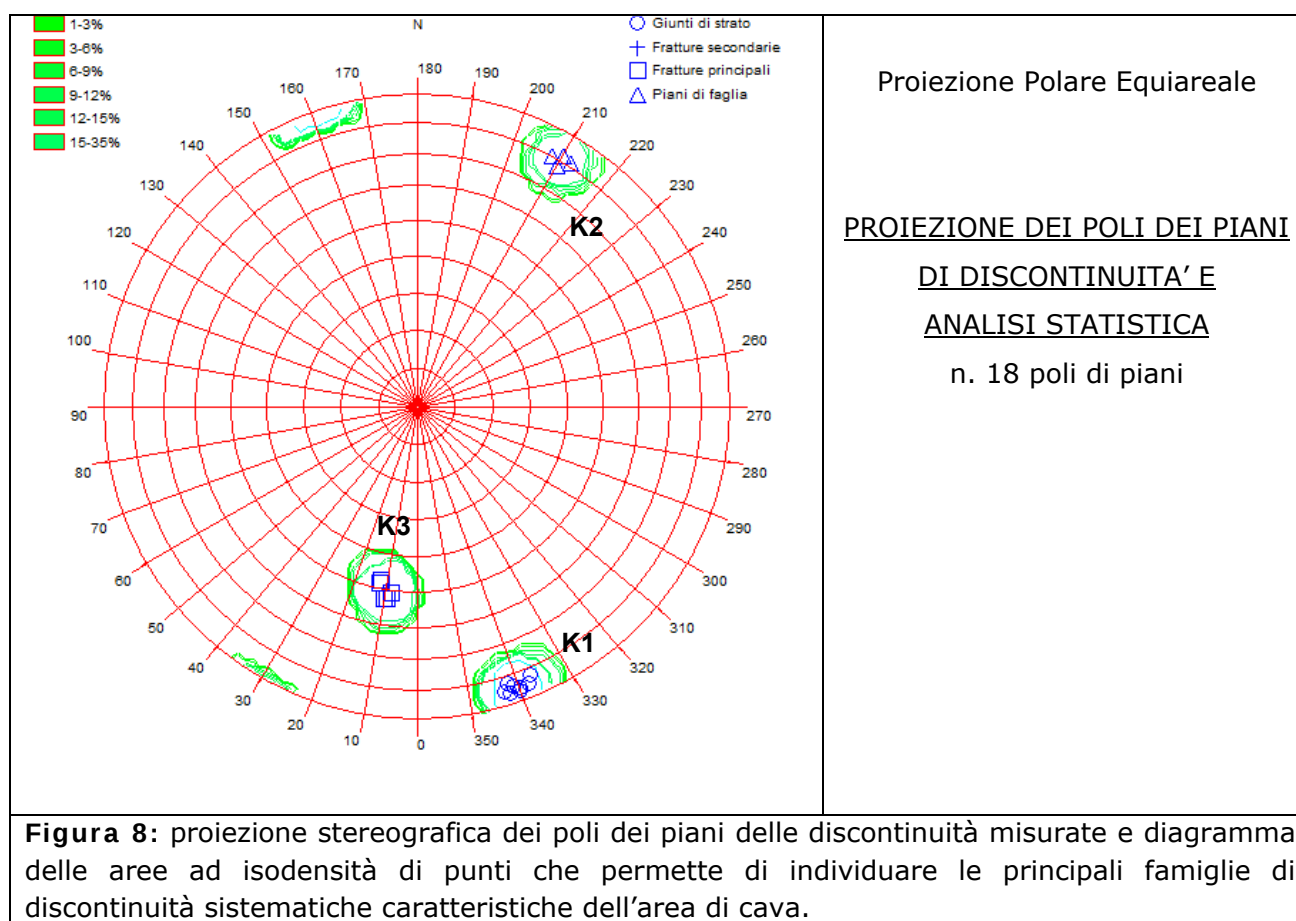
L'analisi statistica dei dati giaciturali a disposizione, ha permesso di riconoscere l'orientazione media delle famiglie di discontinuità sistematiche presenti nell'ammasso roccioso che costituisce il giacimento della cava.

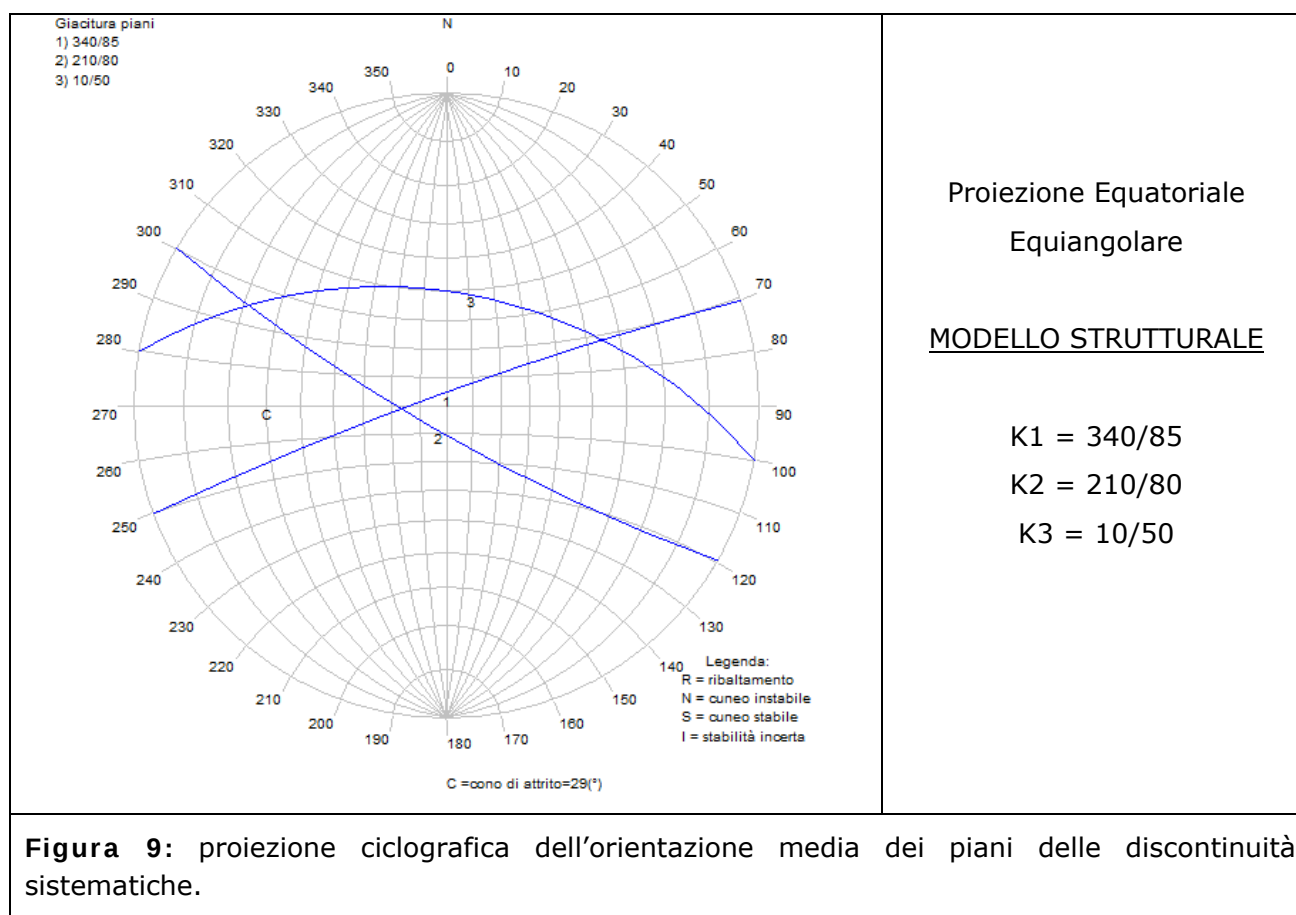
Dallo studio statistico si riconoscono tre massimi relativi che costituiscono ciascuno una famiglia di discontinuità.

Nella tabella seguente si riportano i valori medi delle orientazioni delle giaciture delle discontinuità sistematiche suddivise per famiglie di discontinuità (così come già indicati nelle precedenti relazioni autorizzative):

Discontinuità	Immersione	Inclinazione
	(°)	(°)
K1	340	85
K2	210	80
K3	10	50
Orientazione geometrica media delle principali famiglie di discontinuità riconosciute.		

Per le principali famiglie individuate si è provveduto a riportare i dati giaciture sul diagramma equiareale di Schmidt, proiettando le ciclografiche dei poli.





6.3 RICOSTRUZIONE GEOSTRUTTURALE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

La scistosità della roccia (K1) risulta ben evidente con valori di inclinazione piuttosto elevati (85°) e immersione verso Nord, le fratture sono generalmente chiuse e quasi mai alterate od ossidate. La spaziatura è molto variabile ed è compresa tra il centimetrico (porzioni di ammasso roccioso con infittimento dei piani di scistosità e parzialmente disarticolati) e il plurimetrico (3-5 m), mediamente stimabile in 110 cm; il JRC è stimabile come medio (8-10: rugoso-ondulato); si tratta in genere di fratture molto persistenti che attraversano l'intero fronte di scavo.

La famiglia di discontinuità K2 ha inclinazioni elevate (80°) con un valore di immersione di circa 210°, le fratture si presentano persistenti (in genere intorno a 1-5 m) con una spaziatura regolare (1,5 m circa), i valori di JRC sono medio-bassi (6-8).

Il sistema K3: ha giacitura piuttosto modesta (50°) e immersione verso N, si tratta di fratture in genere con spaziatura plurimetrica (tra i 250 e i 300 cm) e JRC medio-basso (6-8).

6.3.1 Resistenza a compressione monoassiale della roccia

Per quanto riguarda lo studio delle superfici rocciose mediante martello di Schmidt è stata condotta una campagna di misure che è servita a verificare le misurazioni condotte in precedenza.

Per quanto riguarda i valori misurati sulle superfici delle diverse discontinuità lo studio precedentemente condotto (ed eseguito seguendo le indicazioni ISRM) ha permesso di attribuire i seguenti valori:

- K1, valori del rimbalzo compresi tra 35 e 48 con un valore medio di 110 Mpa
- K2, valori del rimbalzo compresi tra 48 e 55 con un valore medio di 145 Mpa
- K3, valori del rimbalzo compresi tra 42 e 55 con un valore medio di 140 Mpa

6.4 CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Per la classificazione dell'ammasso roccioso sono stati utilizzati i metodi Q di Barton (1974) ed RMR System (Rock Mass Rating System - Bieniawski, 1989).

Per il calcolo della Q di Barton e dell'RMR di Bieniawski ci si è avvalsi del supporto informatico del programma *MecRocce* della ProgramGeo, tramite il quale, inserendo tutti i parametri geomeccanici rilevati in sede di sopralluogo, è possibile ottenere la classificazione dell'ammasso roccioso secondo i metodi sopra esposti.

Di seguito si riportano le scelte effettuate ed i risultati ottenuti, oltre ad una sintetica descrizione del metodo utilizzato.

6.4.1 Metodo di Barton (Sistema Q)

La classificazione secondo il metodo di Barton è stata sviluppata nel 1974 al Norwegian Geotechnical Institute essenzialmente per l'applicazione in campo sotterraneo; negli ultimi anni è stata estesa a diversi campi e di recente, nel 2002, lo stesso Barton ha proceduto ad una revisione totale del sistema.

Il valore di Q si calcola da:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

In cui i vari indici sono:

- RQD (Rock Quality Designation), che tiene conto della suddivisione della massa rocciosa
- J_n (Joint Set Number), che dipende dal numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso
- J_r (Joint Roughness Number), che dipende dalla rugosità della famiglia più sfavorevole

- Ja (Joint Alteration Number), che dipende dal grado di alterazione delle fratture, dallo spessore e dalla natura del riempimento, e che viene ugualmente determinato sulla famiglia più sfavorevole
- Jw (Joint Water Number), che dipende dalle condizioni idrogeologiche
- SRF (Stress Reduction Factor), che è funzione dello stato tensionale in rocce massive o dal disturbo tettonico.

Come accennato precedentemente il risultato “Q” è stato normalizzato nei confronti della resistenza a compressione monoassiale della roccia, parametro che precedentemente era considerato ininfluyente:

$$Q_c = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{\sigma_c}{100}$$

Calcolo dei parametri della classificazione di Barton

- R.Q.D. è stato stimato da un software (MecRocce) in cui si inseriscono il numero di famiglie e le spazature medie delle stesse;
- Quattro serie di discontinuità;
- Giunti scabri o irregolari, piani;
- Contatto ben saldo fra le superfici del giunto;
- Scavo asciutto o afflusso minimo di acqua;
- Tensioni medie, scavo favorevole.

Risultati per la definizione di Q

Parametri

RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
100	6	3	1.0	1.0	2,5

Indice Q e classe dell'ammasso roccioso

Indice Q	Descrizione
20,0	Buono

6.5 METODO DI BIENIAWSI

Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

La classificazione di Bieniawski consente di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Bieniawski si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

- A1 = resistenza a compressione uniassiale;
- A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
- A3 = spaziatura delle discontinuità;
- A4 = condizioni delle discontinuità;
- A5 = condizioni idrauliche;
- A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava il Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski).

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_c calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR_c	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Bieniawski assumono il valore:

1. coesione di picco c_p (kPa) = 5 RMR_b
2. angolo di attrito di picco $\phi_p = 0,5 \text{ RMR}_b + 5$
3. modulo di deformazione E (GPa) = $2 \text{ RMR}_b - 100$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983)}$$

La formula di "E" è però da considerare valida per valori di RMR superiori a 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E \text{ (GPa)} = 10(RMR_b - 10 / 40)$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla formula riportata nello schema riassuntivo alla fine del paragrafo e vale:

$$GSI = 77$$

Tale relazione è da ritenersi valida per $RMR > 23$.

Scelta dei parametri della classificazione di Bieniawski

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR):

- Resistenza alla compressione monoassiale (MPa) = 150
- Spaziatura delle discontinuità (s)=1,50 m
- Persistenza (continuità) del giunto 3-10 m
- Apertura del giunto = <0,1 mm
- Rugosità del giunto = poco rugosi
- Pareti inalterate
- Riempimento: assente
- Roccia umida
- Orientamento delle discontinuità: sfavorevole

Dalla scelta di questi parametri derivano i seguenti fattori numerici:

A1	A2	A3	A4	A5	A6
12	20	18	22	10	-15

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore derivato dall'indice RQD

A3 è un valore derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMR base	RMR corretto	Descrizione
82	67	Buona

I parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso risultanti dalla caratterizzazione di Bieniawsky sono pertanto:

Coesione (c) = 410 kPa

Angolo di attrito (ϕ) = 46°

Classificazione C.S.I.R.- Rock Mass Rating 1989 (Bieniawski)					
CLASSE	BRMR (stimato)	RMR (stimato)	Qualità dell' ammasso roccioso	Coesione (kPa)	Angolo d'attrito(°)
II	82	67	Buona	410	46
A1 - Resistenza roccia integra					
Resistenza alla compressione monoassiale (MPa)= 150,0				A1 = 12	
A2 - Rock Quality Designation					
Rock Quality Designation (R.Q.D.) % = 100				A2 = 20	
A3 - Spaziatura dei giunti					
Spaziatura media dei giunti (cm) = 150,00				A3 = 18	
A4 - Condizione dei giunti					
Lunghezza media dei giunti (m):				Indice parziale = 2	
Apertura media dei giunti (mm):				Indice parziale = 5	
Rugosità media dei giunti:				Indice parziale = 3	
Riempimento medio dei giunti (mm):				Indice parziale = 6	
Condizione di alterazione dei giunti:				Indice parziale = 6	
				A4 = 22	
A5 - Condizioni idrauliche					
A5 = 10					
A6 - Orientamento dei giunti					
A6 = -15					
BRMR (Basic RMR) = A1 + A2 + A3 + A4 + A5					
RMR = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6					
GSI (Geological Strength Index)= A1 + A2 + A3 +A4 +10 = 82					

7. RELAZIONE SISMICA

7.1 INQUADRAMENTO NORMATIVO E TECNICO

La classificazione sismica attribuisce all'intero territorio nazionale valori differenti del grado di sismicità da considerare nella progettazione delle opere. A livello nazionale la zonizzazione sismica è regolata dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274 del 2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"* e dalla successiva OPCM 3519 del 2006 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*.

Le suddette ordinanze sono state recepite a livello regionale con Delibera Giunta Regionale (DGR) n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 e dalla successiva DGR n. 4-3084 del 12 dicembre 2011 (in vigore dal 1 gennaio 2012), integrate e modificate con DGR 7-3340 del 03/02/2012, infine è subentrata l'ultima modifica con la D.G.R. n. 6 - 887 del 30/12/2019.

Secondo quanto riportato nelle DGR di cui sopra, il comune di Trontano risulta classificato in **Zona sismica 3**.

La normativa sismica a cui si deve fare riferimento, per l'intervento in progetto, è costituita dal D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC-18) e dalla relativa Circolare esplicativa del Consiglio Superiore LL.PP. 21.01.2019, n. 617: "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Tali norme disciplinano, tra le altre cose, la progettazione delle opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono soddisfare i siti di costruzione ed i terreni di fondazione in presenza di tali azioni.

Tramite queste norme si cerca di salvaguardare la vita umana e di limitare i danni alle costruzioni ed in particolar modo a far sì che i centri essenziali di primo soccorso alla popolazione rimangano in funzione anche dopo un terremoto.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche 2018, l'azione sismica di riferimento viene valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale.

L'analisi è così condotta sito per sito e non più riferendosi ad una zona sismica territorialmente coincidente con singole entità amministrative, ad un'unica forma

spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale, come avveniva con la normativa precedente.

La pericolosità sismica di un sito è definita come la probabilità che un sisma avente un'entità pari ad un valore prefissato abbia luogo in un determinato lasso di tempo, questo lasso di tempo viene definito nelle NTC-18 come "*periodo di riferimento*" (V_R) e viene espresso in anni, mentre la probabilità è denominata "*probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento*" (P_{V_R}).

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche secondo le NTC-18, sul territorio nazionale è stata determinata la pericolosità sismica definita convenzionalmente su un sito caratterizzato da sottosuolo rigido (categoria A), da una superficie topografica orizzontale (categoria T1) e da assenza di manufatti (ovvero in campo libero).

Il moto sismico viene definito da tre parametri:

a_g = accelerazione massima al sito;

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

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

Questi valori sono distribuiti sul territorio nazionale su una maglia regolare di punti e permettono di definire le forme spettrali per la generica P_{V_R} , i valori di questi parametri sono riportati anche nell'allegato B delle NTC-18.

7.1.1 Stati limite di riferimento

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento varia in funzione di quattro diversi stati limite di riferimento che, secondo il par. 3.2.1. delle NTC-18, sono così definiti:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali,

mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono invece:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono indicate nella Tab. 3.2.I delle NTC:

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 10: tabella 3.2.I probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato.

Vengono così individuate quattro situazioni che legano il crescere dell'intensità sismica con il progressivo aumento del danneggiamento agli edifici, permettendo di individuare le caratteristiche prestazionali richieste alla generica costruzione.

7.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'AZIONE SISMICA SUL TERRENO IN ESAME SECONDO LE N.T.C. 2018

7.2.1 Calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica

Per il calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica ci si basa su quanto affermato nel par. 2.4.3. delle NTC-18, ovvero il periodo di riferimento (V_R) si ricava dalla moltiplicazione della vita nominale (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U).

Il *range* di scelta di questi due parametri viene definito dalle NTC-18 mediante due tabelle: la tabella 2.4.I per la vita nominale e la tabella 2.4.II per il coefficiente d'uso, entrambe riportate in seguito.

La vita nominale di un'opera è il periodo durante il quale l'opera deve assolvere al compito per la quale è stata progettata, durante tale periodo l'opera stessa deve essere sottoposta a soli interventi di manutenzione ordinaria.

La classe d'uso è funzione dell'affollamento presente in una costruzione durante un eventuale azione sismica, le NTC-18 forniscono quattro classi di riferimento a ciascuna classe corrisponde un coefficiente:

- *Classe I*: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- *Classe II*: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- *Classe III*: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- *Classe IV*: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 11: tabella 2.4.I - vita nominale (VN), in funzione dei tipi di costruzione così come definita nelle NTC-18.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 12: tab. 2.4.II – Coefficiente d'uso (C_U) in base alla classe d'uso, secondo le NTC-18.

Nel caso in esame è stato scelto un valore di vita nominale pari a 50 anni $V_N = 50$ anni, mentre per la classe d'uso si è posta l'opera in progetto nella **classe II**, ovvero quella caratterizzata da un coefficiente d'uso pari a 1.0, $C_U = 1.0$.

Pertanto risulta che il periodo di riferimento (V_R) per l'opera in progetto è:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni.}$$

Una volta valutato il periodo di riferimento V_R della costruzione (espresso in anni) si ricava per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R , il periodo di ritorno T_R del sisma.

Si utilizza a tal fine la relazione: $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U \times V_N / \ln(1 - P_{VR})$.

7.2.2 Azione sismica attesa al sito

Come riportato in precedenza (vedi par. 5.1) l'azione sismica di riferimento è stata calcolata per il territorio nazionale in condizioni di sottosuolo rigido e superficie topografica orizzontale, condizioni però che non corrispondono alle casistiche reali in cui ci si trova ad operare.

Poiché la tipologia di sottosuolo e la topografia di un'area influenzano notevolmente la risposta sismica locale, ovvero l'effetto che un'area subisce quando un'azione sismica raggiunge la superficie, sarà necessario modificare l'azione sismica di riferimento con dei coefficienti che sono funzione della litologia del sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Gli effetti topografici vengono sintetizzati nella tab. 3.2.IV delle NTC-18 in quattro categorie basate sull'inclinazione media dei terreni circostanti all'area in cui è previsto l'intervento, in particolare le quattro categorie vengono così definite:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 13: tabella 3.2.IV delle NTC-18 – categorie topografiche e loro descrizione.

Nel caso in esame, trattandosi di un'area lungo un pendio, la categoria topografica può essere assunta, come pari a **T2**.

La "risposta sismica locale", termine con il quale si intende l'azione sismica quale essa emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e

contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido, è funzione anche della stratigrafia dell'area, risulterà pertanto fondamentale la definizione della categoria di sottosuolo.

Più dettagliatamente, la normativa distingue le seguenti 5 categorie di terreni di fondazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 14: tabella 3.2.II – categorie di sottosuolo e loro caratteristiche secondo le NTC-18.

Nelle definizioni precedenti, il termine V_{S30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio, che viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

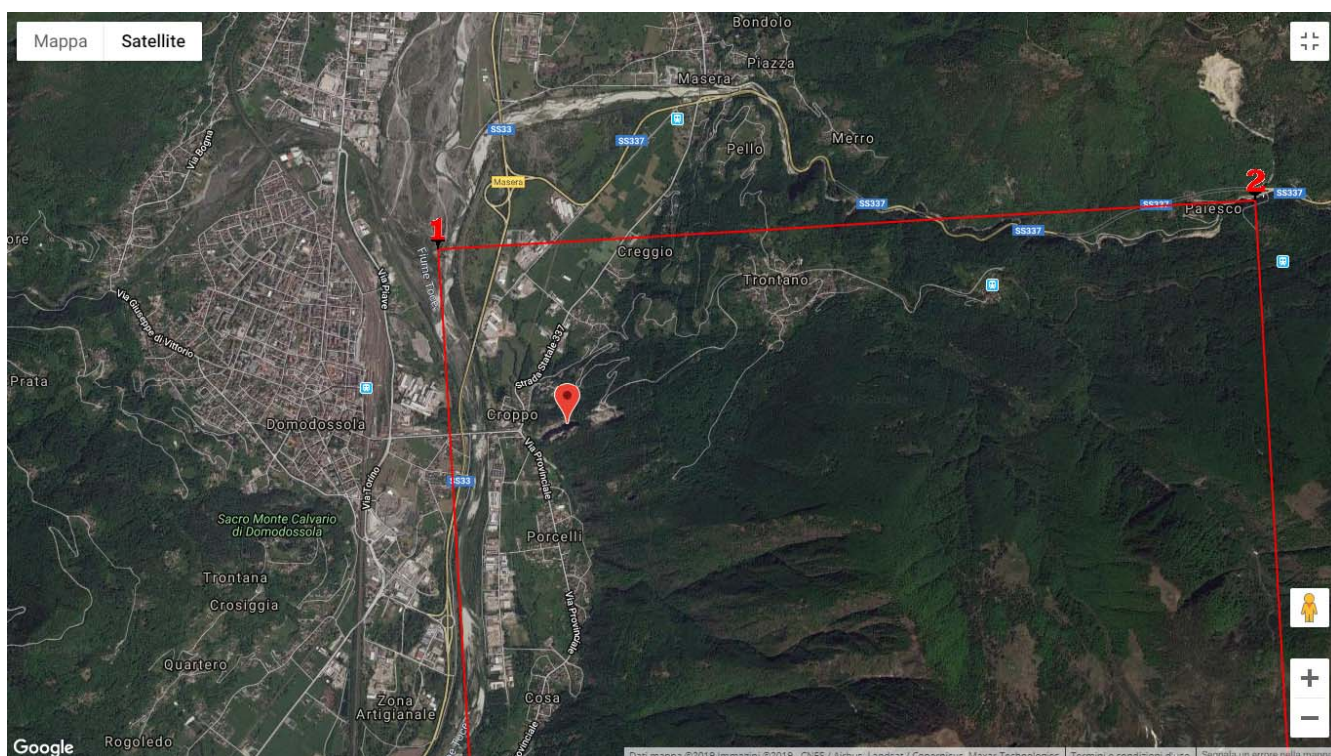
L'assetto geologico dell'area ha permesso di valutare che il sottosuolo in esame ricada nella categoria di sottosuolo "A", ovvero *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

Per la determinazione dei parametri spettrali che caratterizzano l'azione sismica al sito in esame è stato utilizzato un software apposito "Geostru PS Parametri Sismici", sviluppato e fornito a livello *open source* sul sito web www.geostru.com.

Il programma è direttamente utilizzabile *on line* sul sito web dell'azienda produttrice di software: "Geostru Software", sulla base delle coordinate geografiche del sito oggetto di studio (esprese come latitudine e longitudine) e degli altri parametri discussi nei paragrafi precedenti fornisce gli spettri sismici associati al sito, relativi ai 4 stati limite previsti dalle NTC.

Calcolo degli spettri sismici per il sito

Ubicazione:



Caratteristiche del sito in esame:

Latitudine	46,114°
Longitudine	8,315°
Classe	II
Vita nominale	50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 9141	Lat: 46,1248	Lon: 8,3039	Distanza: 1477,291
Sito 2 ID: 9142	Lat: 46,1279	Lon: 8,3758	Distanza: 4906,870
Sito 3 ID: 9364	Lat: 46,0780	Lon: 8,3800	Distanza: 6415,371
Sito 4 ID: 9363	Lat: 46,0749	Lon: 8,3083	Distanza: 4392,215

Coordinate geografiche espresse in ED50

Parametri sismici:

Categoria sottosuolo	A
Categoria topografica	T2
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

	Probabilità di superamento (%)	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Operatività SLO	81	30	0,022	2,467	0,174
Danno SLD	63	50	0,030	2,462	0,199
Salvaguardia della vita SLV	10	475	0,071	2,538	0,290
Prevenzione dal collasso SLC	5	975	0,089	2,588	0,303

Coefficienti sismici:

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.017	0.033	0.000
kv	--	0.008	0.016	--
Amax [m/s ²]	0.263	0.348	0.840	1.050
Beta	--	0.470	0.380	--

8. VERIFICHE DI STABILITÀ MEDIANTE “TEST DI MARKLAND”

Dopo aver individuato le famiglie di discontinuità che caratterizzano l’ammasso roccioso in esame, si procede con l’analisi della stabilità dei fronti di scavo utilizzando la metodologia grafica prevista dal “test di Markland”.

Lo scopo del test di Markland è quello di evidenziare, con un metodo grafico, la possibilità di uno scivolamento planare, il distacco di un cuneo di roccia lungo l’intersezione di due discontinuità o il ribaltamento, si tratta di un metodo qualitativo ampiamente utilizzato nelle verifiche di stabilità di pendii naturali ed artificiali in roccia.

Si deve tenere presente che questo metodo verifica le discontinuità critiche, perciò deve essere seguito da verifica di stabilità più approfondita e quantitativa svolta alla luce dell’effettivo equilibrio delle forze che agiscono su quel determinato solido roccioso.

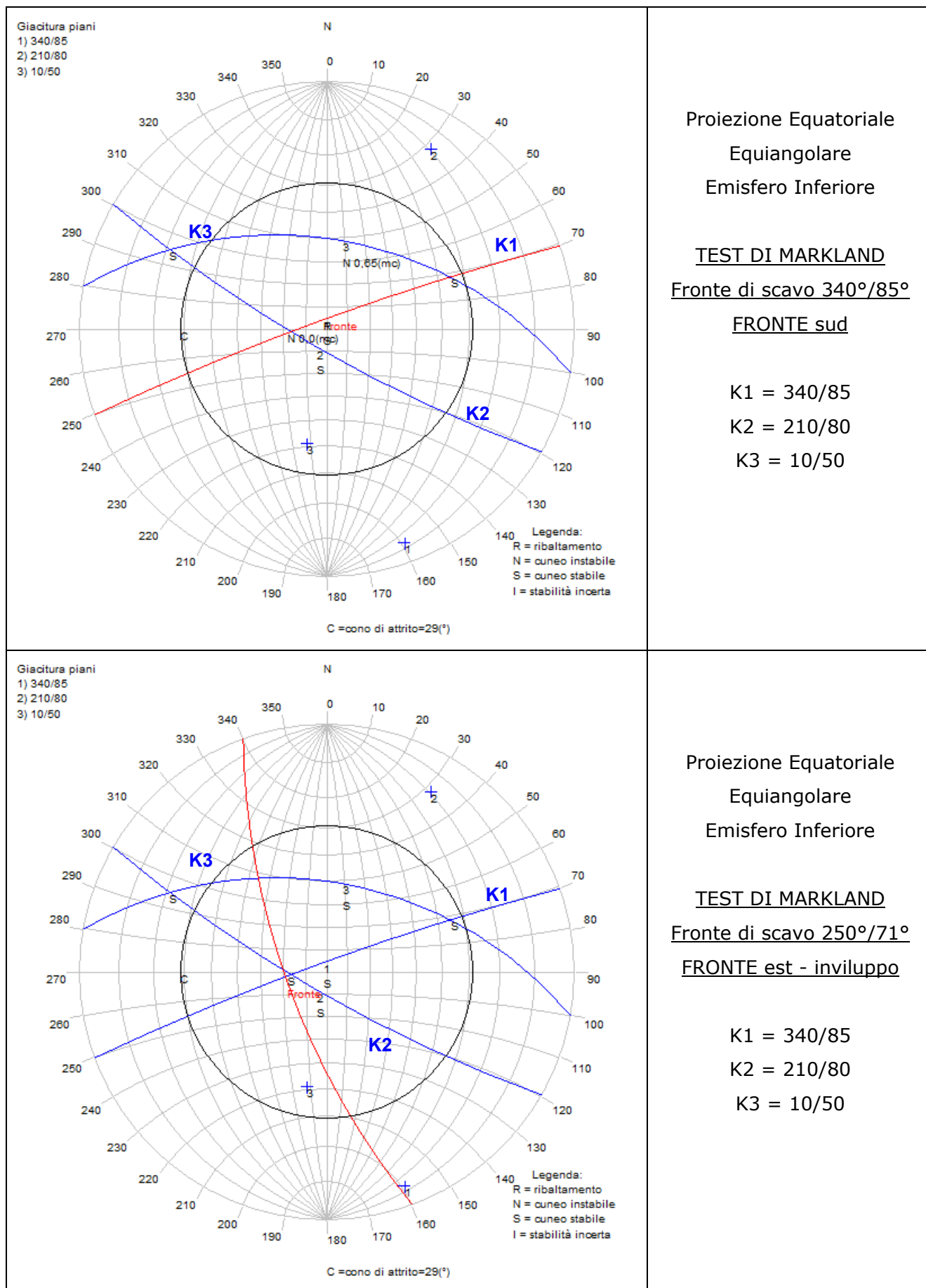
Inoltre si deve ricordare che durante l’esecuzione del “*test di Markland*” vengono imposte condizioni molto cautelative e sfavorevoli alla stabilità rispetto alle condizioni reali, infatti i piani di discontinuità vengono considerati come se avessero estensione e continuità infinita.

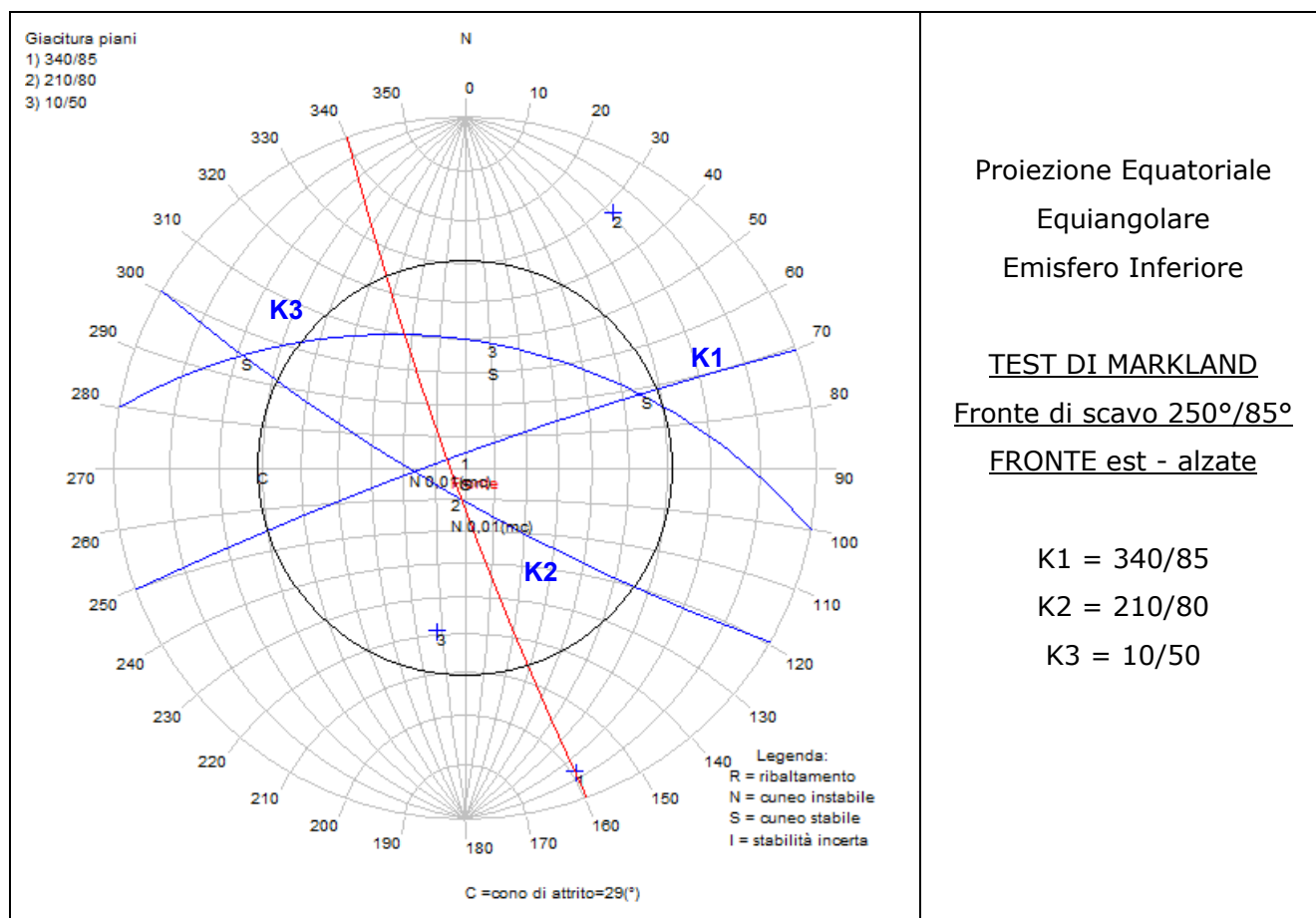
Per eseguire il test di Markland si utilizza lo stereogramma polare di Wulff sul quale l’angolo di attrito lungo le discontinuità viene proiettato come una circonferenza: all’interno della circonferenza si trovano le zone in cui eventuali intersezioni di più piani di discontinuità, o di un singolo piano con il versante, possono generare blocchi piani o cunei rocciosi potenzialmente instabili.

Tale “instabilità” è da intendersi in senso puramente geometrico, ovvero viene verificata la possibilità che si generi la condizione geometrica tale da consentire la “fuoriuscita” di blocchi dall’ammasso roccioso.

Viene pertanto realizzato un test per ogni fronte di scavo (sia come involucro che come singola alzata) presente nell’area di cava, verificando di volta in volta quali cinematismi si possano sviluppare.

8.1 TEST DI MARKLAND SUI FRONTI





Dai test di Markland effettuati sulle orientazioni dei fronti di scavo della cava in esame si individuano i seguenti possibili cinematismi:

- FRONTE E (singole alzate): 250/85: **instabilità dovuta alla presenza di cunei rocciosi** (tetraedri a due piani di scorrimento) **SC1** generato dall'intersezione delle discontinuità K1/K2;
- FRONTE S (inviluppo): 340/85: **instabilità flessionale** sul fronte di scavo sud in quanto la parete è impostata a franapoggio con inclinazione molto elevata.

Per il verificarsi di cunei instabili il movimento deve avvenire simultaneamente lungo entrambi i piani dei giunti che li individuano, la linea di intersezione dei due potenziali piani di scorrimento rappresenta la direzione nella quale si realizzerebbe il possibile cinematismo.

Si rende pertanto necessario procedere alle verifiche analitiche delle condizioni di stabilità dei piani di scivolamento e dei cunei descritti in precedenza, effettuate alla luce dell'effettivo equilibrio delle forze che vi agiscono: la verifica suddetta sarà realizzata mediante la determinazione del coefficiente di sicurezza applicando il metodo dell'equilibrio limite.

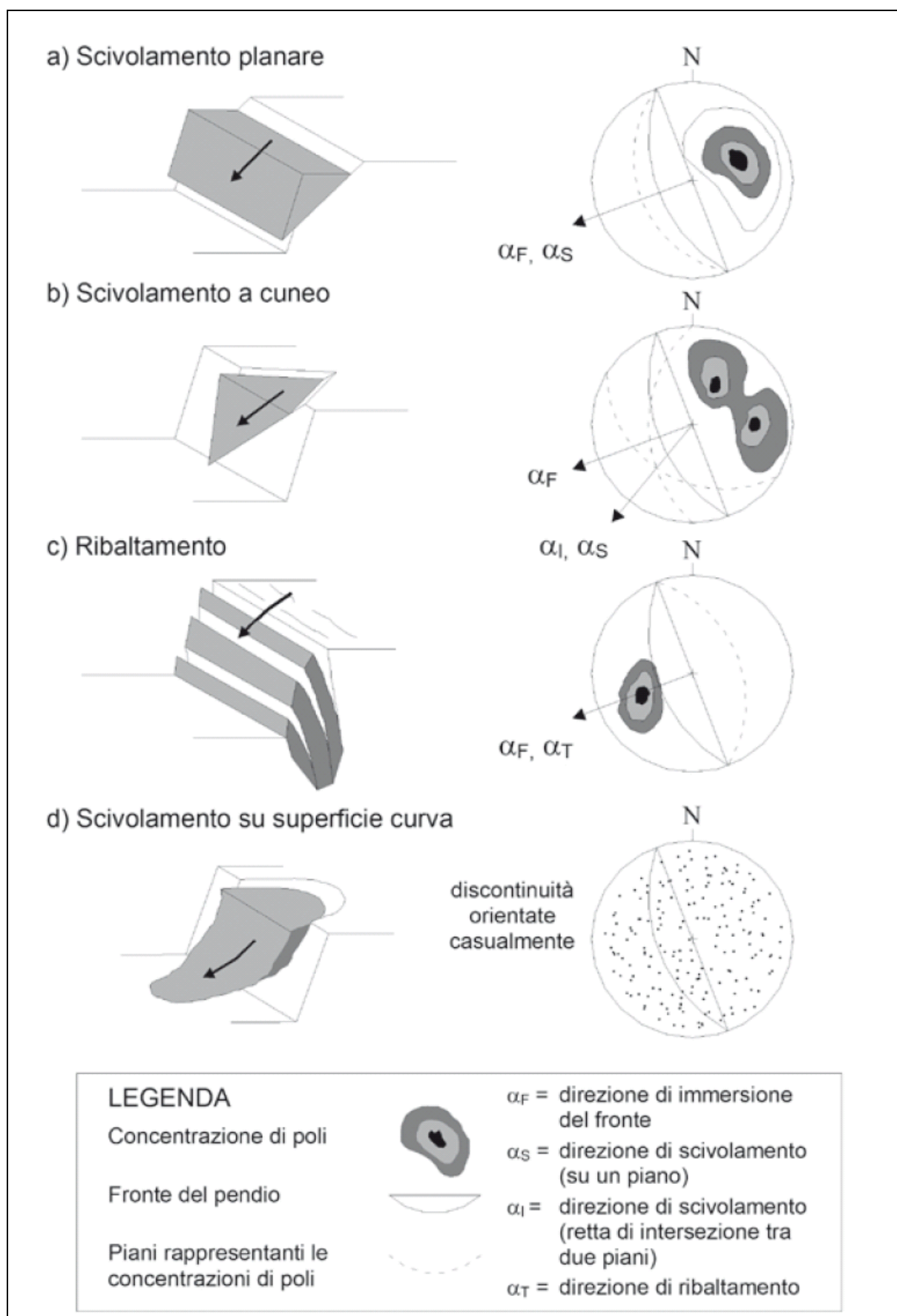


Figura 15: schema grafico rappresentante le principali tipologie di cinematismi in roccia.

9. VERIFICA DI STABILITÀ DEI CINEMATISMI INDIVIDUATI

In questo capitolo saranno affrontati nello specifico i possibili cinematismi individuati mediante il test di Markland riportato nel capitolo precedente.

Per la verifica analitica e l'applicazione del metodo dell'equilibrio limite si è fatto riferimento alla pubblicazione dell'ARPA Piemonte "Progetto n. 165 – PROVIALP - Protezione della viabilità alpina – Relazione finale" del 2008, con particolare riferimento a quanto indicato nel capitolo 4 "La metodologia meccanico-probabilistica" a cura di Marta Castelli, Cristina Occhiena, Andrea Allodi e Claudio Scavia del Politecnico di Torino e al manuale "Practical rock engineering" di Evert Hoek – 2007 e "Rock slope engineering" di Hoek e Bray.

La sintesi di tutte queste metodologie è stata implementata con quanto richiesto dalle N.T.C. 2018 e "riassunta" su alcuni fogli di calcolo liberamente distribuiti sul sito web www.geologi.it e messi a punto dal Dott. Ing. Geol. M. Previale.

9.1 SCIVOLAMENTI DI CUNEI IN ROCCIA

Nel caso di scivolamenti a cuneo, costituiti quindi dall'intersezione di due piani di scorrimento, si può fare riferimento alla figura riportata in seguito (Figura 42) per definire i piani che determinano la geometria del cuneo instabile: si individuano i due piani di scivolamento (piano A e B), il fronte del pendio, un piano sommitale ed un giunto di trazione.

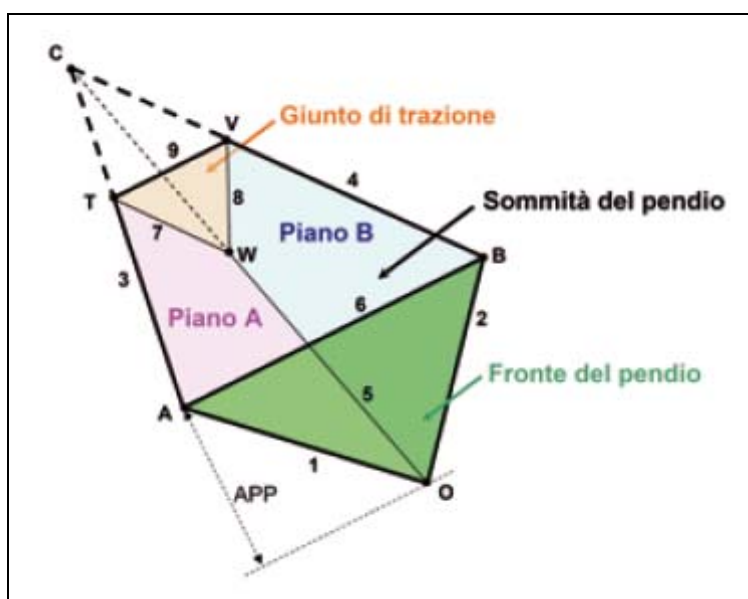


Figura 16: schema per la definizione dei piani nel caso di instabilità di cunei di roccia.

L'analisi di stabilità tridimensionale è basata sul calcolo delle forze agenti sui piani di scivolamento A e B.

Sulla base dei dati geometrici e meccanici del problema, vengono inizialmente calcolate le aree dei piani potenzialmente instabili e del giunto di trazione.

In seguito vengono calcolati i coefficienti per determinare le reazioni normali dovute ai carichi esterni applicati e i coefficienti per determinare le componenti di queste forze agenti lungo la linea di intersezione dei giunti e vengono calcolate le forze dovute alla pressione dell'acqua nelle fratture.

Infine, vengono calcolate le forze che resistono allo scivolamento, che comprendono la coesione su ogni piano moltiplicata per l'area del piano e tutte le reazioni normali effettive su ogni piano moltiplicate per l'angolo di attrito del piano stesso.

La somma delle forze resistenti viene, quindi, divisa per la somma delle forze che inducono lo scivolamento che comprendono le componenti del peso, le forze esterne e le forze dovute alla pressione dell'acqua nel giunto di trazione, agenti lungo la linea di intersezione dei due piani di discontinuità.

Data la giacitura dei due piani di scivolamento, del fronte di scavo, del piano sommitale e del giunto di trazione è possibile calcolare: le aree dei piani, la lunghezza delle linee a l'ampiezza degli angoli che servono per applicare la formula generale del fattore di sicurezza di un cuneo di roccia:

$$F_s = \frac{[C_A \cdot A_A + C_B \cdot A_B + (q \cdot W + r \cdot V + s \cdot T - U_A) \tan \varphi_A + (x \cdot W + y \cdot V + z \cdot T - U_B) \tan \varphi_B]}{m_{W,5} \cdot W + m_{V,5} \cdot V + m_{T,5} \cdot T}$$

dove:

- C_A e C_B sono i valori della coesione sui due piani di scivolamento;
- A_A e A_B sono le aree dei piani di scivolamento;
- q, r, s, x, y, z e m sono i coefficienti di proiezione delle forze agenti sui piani A e B;
- W è il peso del cuneo;
- V, U sono le forze dovute alla pressione dell'acqua;
- T è una eventuale forza esterna stabilizzante;
- φ_A, φ_B sono gli angoli di attrito dei piani di scivolamento.

I valori di φ lungo i piani di scivolamento sono stati calcolati mediante il metodo di Barton, per il quale vale la seguente formula:

$$\tau_R = \sigma'_n \cdot \tan \left[(JRC) \cdot \log \left(\frac{JCS}{\sigma'_n} \right) + \varphi'_R \right]$$

Conoscendo il valore della resistenza al taglio è possibile ricavare l'angolo d'attrito tramite la formula di Mohr-Coulomb; dopo aver definito il valore dell'angolo di attrito lungo il giunto, è stato applicato il fattore di riduzione parziale previsto dalle NTC18.

Per il calcolo effettivo dei fattori di sicurezza dei vari cunei di roccia verificati è stato utilizzato un altro foglio di calcolo elettronico che applica le formule trigonometriche per la definizione delle aree e degli angoli di intersezione tra i vari piani e applica la formula generale del calcolo del fattore di sicurezza (riportata in precedenza).

9.1.1 Scivolamento di cuneo in roccia – SCE1

Il cuneo instabile denominato SCE1 viene individuato dai due giunti K1 (340°/85°) e K2 (210°/80°) lungo il fronte di scavo immergente 250/85; la linea di intersezione tra i due piani ha giacitura di 266°/72°.

È stata verificata l'altezza di 15 m che si ritrova lungo i fronti di scavo in progetto.

Per la caratterizzazione dei due piani sono stati scelti i parametri geomeccanici descritti per ogni famiglia, ovvero:

K1 = JCS: 110 MPa; JRC: 8; Angolo di attrito di base: 29°

K2 = JCS: 145 MPa; JRC: 7; Angolo di attrito di base: 29°

È stata stimata la presenza di ponti in roccia per un valore pari a 0,05% delle superfici di scivolamento, valore che appare assolutamente giustificabile vista la qualità dell'ammasso roccioso in esame.

In seguito si riporta il risultato emerso dal foglio di calcolo Cuneo-Barton 2018 reperito sul sito web www.geologi.it.

VERIFICA DI STABILITA' SCIVOLAMENTI DI CUNEI

Comune: **Trontano** Località: **Cava Servez** Rif. verifica:

DATI DI INGRESSO

DATI GEOMETRICI FRONTE		
immersione fronte	(°)	250,00
inclinazione fronte	(°)	85,00
immersione piano superiore	(°)	250,00
inclinazione piano superiore	(°)	20,00
immersione giunto di trazione	(°)	250,00
inclinazione giunto di trazione	(°)	85,00
altezza fronte	(m)	15,00
distanza giunto di trazione	(m)	10,00

ininfluente

CARICHI APPLICATI E SPINTE IDRAULICHE		
componente vert. carico	(kN)	0,0
componente orizz. carico	(kN)	0,0
peso di volume acqua	(kN/mc)	10,00
altezza falda Hw/H (%)	(%)	0,00%

DATI SISMICI	
accelerazione sismica a_g	0,071
coeff. di amplific. topog S_T	1,20
coeff. di amplific. stratig S_S	1,00
coeff. di riduzione β_s	1,00
coeff. sismico orizzontale k_h	0,085
coeff. sismico verticale k_v	0,043

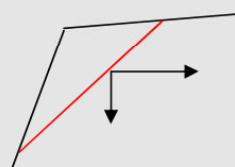
DATI GEOMECCANICI E STRUTTURALI		
peso di volume roccia	(kN/mc)	26,80
angolo di attrito di base ϕ_{base}	(°)	29,00

giunto A		
immersione	(°)	340,00
inclinazione	(°)	85,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	110,00
Joint Roughness Coefficient JRC		8,00
persistenza (%)	%	99,95%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco ϕ_p	(°)	61,69
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	11,00

giunto B		
immersione	(°)	210,00
inclinazione	(°)	80,00
Joint Compression Strenght JCS	(MPa)	145,00
Joint Roughness Coefficient JRC		7,00
persistenza (%)	%	99,95%
resistenza al taglio della roccia	(MPa)	
angolo di attrito di picco ϕ_p	(°)	59,65
coesione app.(ponti di roccia)	(kPa)	14,50

RISULTATI

convezione segni carichi ed azioni sismiche



coefficiente geometrico K		0,55
volume del cuneo di roccia V	(mc)	34,07
peso del cuneo di roccia W	(kN)	913
superficie cuneo su giunto A	(mq)	26,56
superficie cuneo su giunto B	(mq)	41,80
superficie cuneo su giunto trazione	(mq)	0,00
immersione linea di intersezione	(°)	266,08
inclinazione linea di intersezione	(°)	72,47

Forze normali alle superfici di scivolamento

	giunto A	giunto B
peso cuneo (kN)	285	334
sotto spinta idraulica (kN)	0	0
spinta giunto trazione (kN)	0	0
azione sismica (kN)	-46	-80
carichi applicati (kN)	0	0
forza risultante (N)	239	254

Calcolo risultanti lungo la direzione di scivolamento

	forze mobilizzanti (kN)	forze stabilizzanti (kN)
verifica sismica	930	1776
verifica non sismica	871	1753

Fattori di sicurezza

verifica sismica	1,909	Ipotizzando perfetta persistenza dei giunti (coesione apparente = 0)	0,930
verifica non sismica	1,807		0,981

Cunei-Barton-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

9.2 INSTABILITÀ FLESSIONALE (*BUCKLING*)

L'instabilità flessionale (anche definita Buckling) si può sviluppare su quei fronti scavati parallelamente alla scistosità e disposti a franapoggio.

Verranno di seguito verificate due situazioni diverse:

- la prima, quella delle condizioni del sito all'inizio della coltivazione nella fase progettuale di cui si chiede il rinnovo con ampliamento, con fronte avente altezza di circa 90 m;
- la seconda, quella dello stato di avanzamento al 5° anno, con fronte avente altezza di circa 65 m;
- la terza, quella dello stato finale al 10° anno, con fronte di altezza di circa 45 m.

Si può ovviamente notare come il fattore di sicurezza per l'instabilità flessionale sia notevolmente aumentato nel caso di un fronte con altezza di 45 m anziché di 90 m e come il fronte di 90 m sia molto vicino ad un fattore di sicurezza di 1.

In seguito si riporta il risultato emerso dal foglio di calcolo Instabflex-2018 reperito sul sito web www.geologi.it.

9.2.1 Verifica del fronte con altezza di 90 m – in condizioni non sismiche

VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	non sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	--------------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	90
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,3

DATI SISMICI

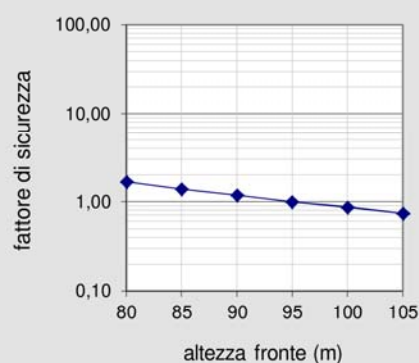
accelerazione sismica ag		0,071
coeff. di amplific. topog ST		1,20
coeff. di amplific. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale kh		
coeff. sismico verticale kv		

RISULTATI (combinazione fondamentale)verifica **1**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

Hcr = 95,06 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente Na	carico critico euleriano Ncr
(m)		(kN)	(kN)
75	2,04	1.587,9	3.232,7
80	1,68	1.693,7	2.841,2
85	1,40	1.799,6	2.516,8
90	1,18	1.905,4	2.244,9
95	1,00	2.011,3	2.014,8
100	0,86	2.117,1	1.818,4
105	0,74	2.223,0	1.649,3



Instabflex-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

9.2.2 Verifica del fronte con altezza di 90 m – in condizioni sismiche

VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	----------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	90
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,0

DATI SISMICI

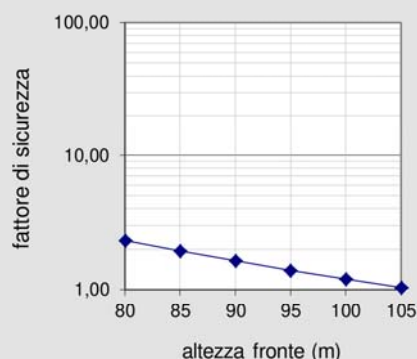
accelerazione sismica ag		0,071
coeff. di amplific. topog ST		1,20
coeff. di amplific. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale kh		0,085
coeff. sismico verticale kv		0,043

RISULTATI (combinazione sismica)verifica **2**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

Hcr = 106,27 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente Na	carico critico euleriano Ncr
(m)		(kN)	(kN)
75	2,84	1.704,5	4.849,0
80	2,34	1.818,1	4.261,8
85	1,95	1.931,8	3.775,2
90	1,65	2.045,4	3.367,4
95	1,40	2.159,0	3.022,2
100	1,20	2.272,7	2.727,6
105	1,04	2.386,3	2.474,0



Instabflex-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

9.2.3 Verifica del fronte con altezza di 65 m – in condizioni non sismiche**VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE**

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	----------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	65
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,3

DATI SISMICI

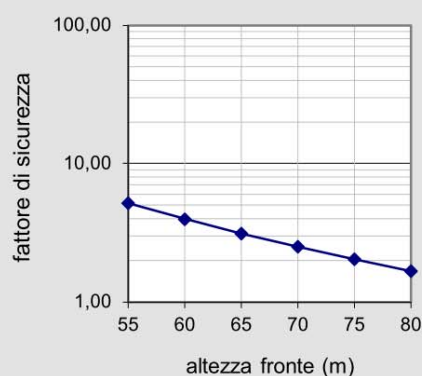
accelerazione sismica a_g		0,071
coeff. di amplific. topog ST		1,20
coeff. di amplific. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale k_h		
coeff. sismico verticale k_v		

RISULTATI (combinazione fondamentale)verifica **1**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

H_{cr} = 95,06 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente N _a	carico critico euleriano N _{cr}
(m)		(kN)	(kN)
50	6,87	1.058,6	7.273,5
55	5,16	1.164,4	6.011,2
60	3,98	1.270,3	5.051,0
65	3,13	1.376,1	4.303,8
70	2,50	1.482,0	3.711,0
75	2,04	1.587,9	3.232,7
80	1,68	1.693,7	2.841,2

**Instabflex-2018** - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.**Software freeware distribuito da geologi.it**

9.2.4 Verifica del fronte con altezza di 65 m – in condizioni sismiche

VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	----------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	65
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,0

DATI SISMICI

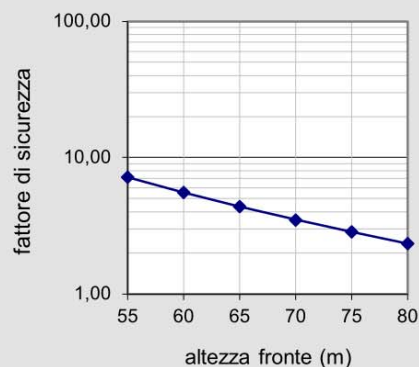
accelerazione sismica a_g		0,071
coeff. di amplif. topog ST		1,20
coeff. di amplif. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale k_h		0,085
coeff. sismico verticale k_v		0,043

RISULTATI (combinazione sismica)verifica **2**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

Hcr = 106,27 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente Na	carico critico euleriano Ncr
(m)		(kN)	(kN)
50	9,60	1.136,3	10.910,3
55	7,21	1.250,0	9.016,7
60	5,56	1.363,6	7.576,6
65	4,37	1.477,2	6.455,8
70	3,50	1.590,9	5.566,5
75	2,84	1.704,5	4.849,0
80	2,34	1.818,1	4.261,8



Instabflex-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

9.2.5 Verifica del fronte con altezza di 45 m – in condizioni non sismiche

VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	----------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	45
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,3

DATI SISMICI

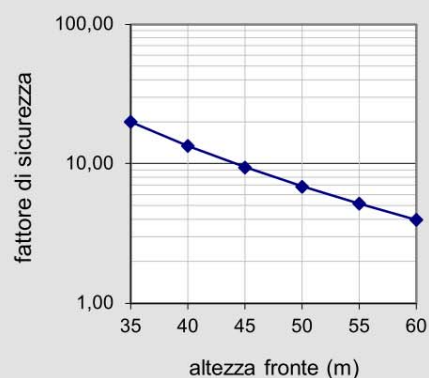
accelerazione sismica a_g		0,071
coeff. di amplific. topog ST		1,20
coeff. di amplific. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale k_h		
coeff. sismico verticale k_v		

RISULTATI (combinazione fondamentale)verifica **1**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

Hcr = 95,06 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente Na	carico critico euleriano Ncr
(m)		(kN)	(kN)
30	31,81	635,1	20.204,2
35	20,03	741,0	14.843,9
40	13,42	846,9	11.364,8
45	9,43	952,7	8.979,6
50	6,87	1.058,6	7.273,5
55	5,16	1.164,4	6.011,2
60	3,98	1.270,3	5.051,0



Instabflex-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

dott. Geol. FRENCIA Riccardo – n. 715 Ordine Regionale Geologi del Piemonte – Sez. A

328.53.27.610 – Via Pignari, 18 – 12037 SALUZZO (CN)

riccardo.frenchia@gmail.com – riccardo.frenchia@geologiapiemonte.it

9.2.6 Verifica del fronte con altezza di 45 m – in condizioni sismiche

VERIFICA ALL'INSTABILITA' FLESSIONALE

per fronti impostati lungo il piano di scistosità, disposti a franapoggio con alto angolo di inclinazione

Comune:	Trontano	Località:	Cava Servez	Rif. verifica:	sismica
---------	-----------------	-----------	--------------------	----------------	----------------

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PENDIO

H fronte	(m)	45
inclinazione	(°)	85

CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DELLA ROCCIA

peso specifico	(kN/mc)	26,8
modulo elastico (valore caratteristico)	(MPa)	24.916
indice di Bieniawski		82
coefficiente parziale per modulo elastico		1,5
angolo di attrito residuo	(°)	29
coesione (ponti di roccia)	(kPa)	0

CARATTERISTICHE GEO-STRUTTURALI DELLE DISCONTINUITA'

condizioni di vincolo (L'/L)		1,00
spaziatura (valore caratteristico)	(m)	1,10
inclinazione	(°)	85

CARICHI ESTERNI

carico applicato verticale	(kN)	0
coefficiente parziale per carichi		1,0

DATI SISMICI

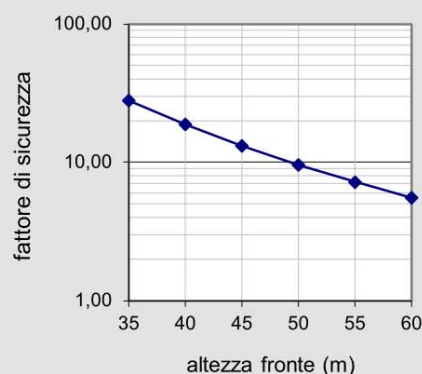
accelerazione sismica a_g		0,071
coeff. di amplific. topog ST		1,20
coeff. di amplific. stratig SS		1,00
coeff. di riduzione β_s		1,00
coeff. sismico orizzontale k_h		0,085
coeff. sismico verticale k_v		0,043

RISULTATI (combinazione sismica)verifica **2**

passo graf. per H fronte	5	m
--------------------------	----------	---

H_{cr} = 106,27 m

Altezza fronte H	Fattore di sicurezza F.S.	carico agente N _a	carico critico euleriano N _{cr}
(m)		(kN)	(kN)
30	44,45	681,8	30.306,3
35	27,99	795,4	22.265,8
40	18,75	909,1	17.047,3
45	13,17	1.022,7	13.469,4
50	9,60	1.136,3	10.910,3
55	7,21	1.250,0	9.016,7
60	5,56	1.363,6	7.576,6



Instabflex-2018 - data: maggio 2019 - conforme NTC 2018 e Circolare 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.

Software freeware distribuito da geologi.it

9.3 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Sono state condotte verifiche di stabilità globale lungo i principali fronti di cava, i profili esaminati sono quelli risultanti dalle sezioni di progetto allo stato attuale e nei due step di avanzamento della coltivazione proposta (5° anno e 10° anno).

Le sezioni analizzate sono quelle ritenute più significative, ovvero la B-B' (per il fronte Est) e la 1-1' (per il fronte sud).

Per il calcolo dei valori del fattore di sicurezza è stato utilizzato il software BRock ver.2.7 della ProgramGeo, questo programma permette di valutare i parametri di resistenza al taglio in funzione della effettiva condizione tensionale calcolata attraverso la geometria del cinematismo verificato.

La valutazione della stabilità globale è stata eseguita con i metodi dell'equilibrio limite applicati a porzioni di pendio discretizzate in conci.

Poiché il programma è in grado di utilizzare i parametri dell'ammasso roccioso o delle discontinuità a seconda della corrispondenza tra immersione e inclinazione della superficie di scivolamento con le discontinuità stesse, si è scelto di generare superfici di potenziale scorrimento con forma poligonale passanti in parte nella roccia intatta in parte lungo i giunti.

Per i calcoli sono stati utilizzati i metodi di Bishop e di Janbu, come già era avvenuto nel progetto di cui si richiede la proroga.

Nelle tabelle allegate in coda a questa relazione è possibile osservare i parametri introdotti e i risultati ottenuti.

Il software permette di inserire nei calcoli anche la riduzione dovuta all'azione sismica, come richiesto dalle N.T.C.2018 (DM17/01/2018).

La scelta dei valori caratteristici è stata fatta in base a quanto previsto dalla letteratura tecnica, a quanto rilevato e misurato in fase di sopralluogo sul sito estrattivo e a quanto emerso dalle elaborazioni strutturali, geomeccaniche e di classificazione dell'ammasso roccioso.

Le verifiche di stabilità globali eseguite sono tutte soddisfatte. Nelle pagine allegate si riportano le sezioni verificate, il fattore di sicurezza minimo ottenuto e i valori introdotti per i calcoli.

10. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state evidenziate le caratteristiche geologiche-geomorfologiche, idrologiche-idrogeologiche e geostrutturali di un sito su cui è richiesto il rinnovo con ampliamento dell'autorizzazione alla coltivazione di una cava denominata Servez, di roccia ornamentale tipo *beola grigia*, nel Comune di Trontano.

Dall'analisi dei dati raccolti è stato possibile effettuare una parametrizzazione dell'ammasso roccioso e delle sue caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali al fine di verificare la stabilità globale e locale dei fronti di scavo della futura coltivazione mineraria.

Vista la continuità dei dati geostrutturali e geomeccanici dell'ammasso roccioso nelle aree interessate dalla prosecuzione delle lavorazioni e considerando la sostanziale omogeneità con i fronti di scavo già autorizzati si ritengono valide le considerazioni e le verifiche di stabilità così come studiate e approfondite durante l'ultimo iter autorizzativo.

Le verifiche di stabilità condotte hanno restituito fattori di sicurezza superiori all'unità.

Si raccomanda tuttavia la vigilanza periodica in corso d'opera dei fronti di scavo per definire nel dettaglio condizioni puntuali di instabilità potenziale dell'ammasso roccioso e valutare eventuali interventi di bonifica mirati.

In base a quanto emerso in fase di sopralluogo e a quanto emerso durante l'elaborazione dei dati si evince una sostanziale situazione di compatibilità con l'assetto idrogeologico del territorio ed una soddisfacente stabilità dei fronti rocciosi oggetto di coltivazione.

ALLEGATO:
VERIFICHE DI STABILITA'
GLOBALE
(22 pagine)

Località: Trontano - Cava Servez

Data:

Riferimenti:

Parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso

Parametri ammasso roccioso (valori caratteristici):

Descrizione litologica:

Beola (ortogneiss)	
Strato n.	1
G.S.I. (Geological Strength Index):	62
Indice Q della classificazione di Barton:	0
Coefficiente di Poisson:	0,22
Peso di volume sopra falda(kN/mc):	26,3
Peso di volume sotto falda(kN/mc):	26,3
Costante mi della roccia:	28
Resistenza compressione monoassiale(MPa):	106
Modulo elastico ammasso roccioso(MPa):	31291,9
Fattore di disturbo dell'ammasso roccioso:	0
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

Località: Trontano - Cava Servez

Data:

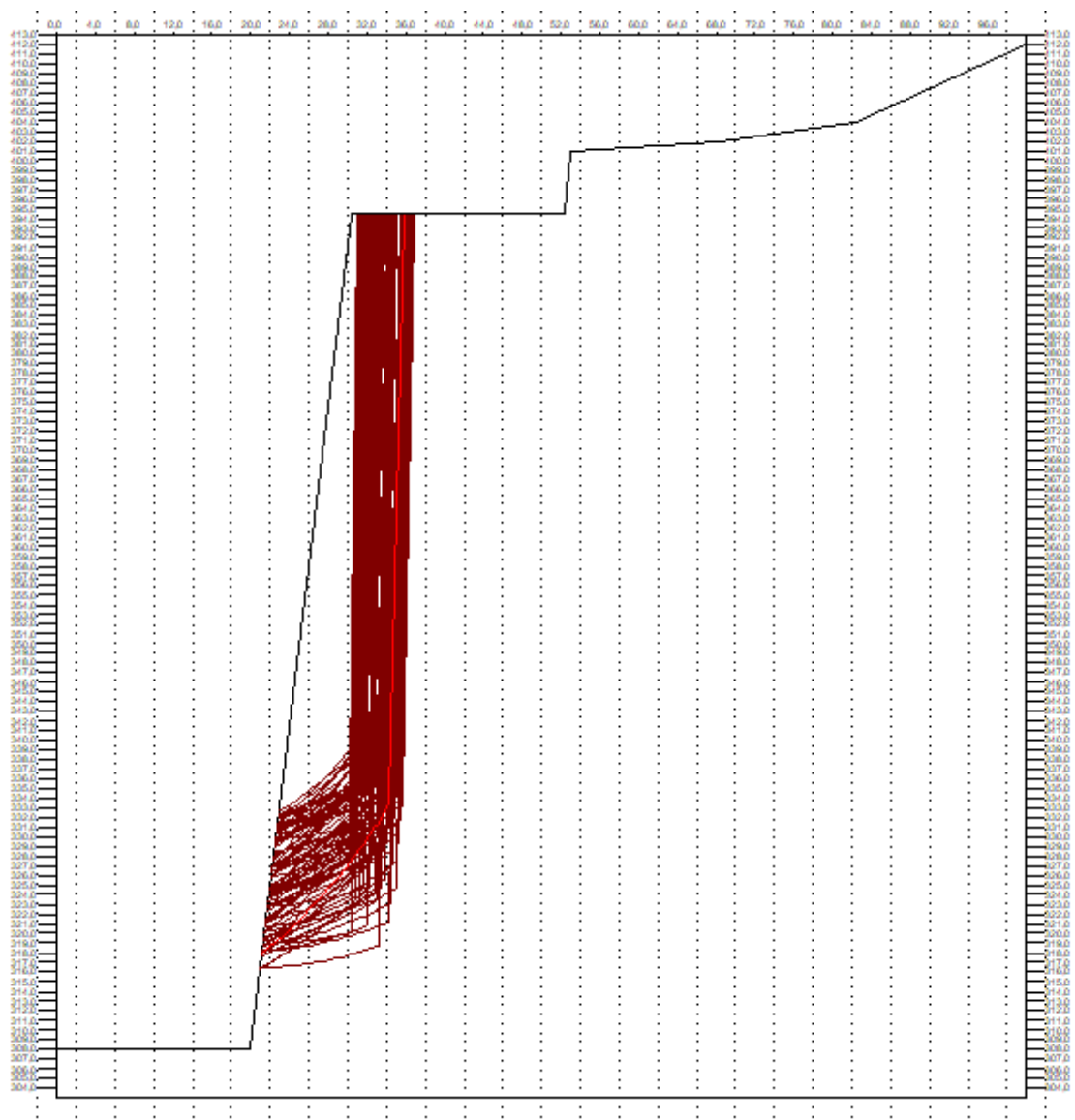
Riferimenti:

Parametri geomeccanici del terreno: strato n.1

Parametri giunti meccanici (valori caratteristici):

Immer sione(°)	Inclina zione(°)	JCS (MPa):	JRC	Phi base(°)	Spazia tura(cm)	Apertu ra(mm)	Phi riempi mento(°)	C riempi mento (MPa):
340	85	110	8	29	110	1	0	0
210	80	145	7	29	148	1	0	0
10	50	140	7	29	280	1	0	0

FRONTE DI SCAVO SUD – Stato attuale



Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	Ordinate Y (m)
0	308
20	308
30,48	394,4
52,36	394,4
52,95	400,96
68,27	401,9
82,4	403,9
99,92	411,9

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE	
Località: Trontano - Cava Servezz	Data:
Riferimenti:	
Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo	

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
31	2,497	Fellenius		21,187	317,783											
			1	21,88	318,384	0,92	40,9	1,772	45,57	0	0	0	69,4	0,614	ammasso	20,518
			2	22,642	319,067	1,02	41,9	6,033	156,38	0	0	0	67,7	0,6299	ammasso	8,341
			3	23,266	319,642	0,85	42,6	8,107	211,61	0	0	0	66,5	0,6512	ammasso	5,954
			4	24,097	320,435	1,15	43,7	15,23	398,07	0	0	0	65,4	0,6755	ammasso	4,809
			5	24,652	320,978	0,78	44,4	12,95	338,29	0	0	0	64,6	0,6995	ammasso	4,18
			6	25,553	321,896	1,29	45,5	25,791	675,3	0	0	0	63,9	0,7242	ammasso	3,706
			7	26,038	322,402	0,7	46,2	16,314	427,42	0	0	0	63,2	0,748	ammasso	3,394
			8	27,008	323,457	1,43	47,4	37,692	987,53	0	0	0	62,7	0,7706	ammasso	3,115
			9	27,424	323,921	0,62	48,1	18,213	477,89	0	0	0	62,2	0,7932	ammasso	2,919
			10	28,463	325,133	1,6	49,4	50,899	1336,92	0	0	0	61,8	0,8131	ammasso	2,722
			11	28,81	325,546	0,54	50	18,664	490,29	0	0	0	61,3	0,8337	ammasso	2,586
			12	29,919	326,937	1,78	51,4	65,379	1717,68	0	0	0	61	0,85	ammasso	2,435
			13	30,196	327,292	0,45	52,1	17,686	464,39	0	0	0	60,7	0,8683	ammasso	2,334
			14	31,374	328,888	1,98	53,6	76,744	2014,05	0	0	0	60,8	0,8642	ammasso	2,261
			15	31,582	329,176	0,36	54,2	13,591	357,06	0	0	0	60,8	0,8612	ammasso	2,236
			16	32,83	331,011	2,22	55,8	80,219	2106,26	0	0	0	61,1	0,8452	ammasso	2,201
			17	32,968	331,22	0,25	56,4	8,771	230,02	0	0	0	61,3	0,8362	ammasso	2,199
			18	34,285	333,342	2,5	58,2	81,795	2147,1	0	0	0	61,6	0,8196	ammasso	2,169
			19	34,354	333,456	0,13	58,8	4,227	110,99	0	0	0	61,8	0,8109	ammasso	2,172
			20	35,74	394,4	60,96	88,7	42,235	1108,18	0	0	0	58,2	0	giunto	0,036

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
---------	-----------	-------------------	--------	----------	----------	-------------	----------------	-----------	---------	-----------------	-----------	-----------	---------	--------	-----------	-------------

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Coefficiente beta.....: 0,5

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	22,06	325	36,29	394,4	3,207	5,013	3,955			
2	22,27	326,72	32,08	394,4	3,057	5,106	3,936			
3	22,74	330,61	33,5	394,4	3,449	5,565	4,206			
4	22,22	326,31	31,82	394,4	3,995	6,638	4,503			
5	22,76	330,78	34,14	394,4	3,014	4,891	3,926			
6	22,65	329,83	33,32	394,4	4,209	6,827	4,691			
7	22,28	326,8	32,59	394,4	3,22	5,273	4,014			
8	22,05	324,86	31,68	394,4	6,628	11,985	5,811			
9	21,81	322,96	33,71	394,4	3,888	6,228	4,396			
10	21,02	316,43	34,5	394,4	6,797	11,733	5,817			
11	22,17	325,86	36,79	394,4	2,558	4,2	3,615			
12	22	324,49	33,47	394,4	2,952	4,798	3,8			
13	21,23	318,16	33,14	394,4	5,919	10,124	5,465			
14	21,6	321,16	31,46	394,4	2,809	4,82	3,772			
15	22,47	328,33	36,69	394,4	4,351	6,828	4,782			
16	21,19	317,84	33,32	394,4	2,85	4,616	3,65			
17	22,57	329,18	35,55	394,4	2,712	4,436	3,726			
18	21,46	320,08	31,84	394,4	4,669	7,861	4,81			
19	22,92	332,09	36,54	394,4	4,214	6,615	4,748			
20	21,58	321,07	35,33	394,4	3,27	5,131	3,956			
21	22,32	327,13	36,57	394,4	3,382	5,277	4,107			
22	22,22	326,32	32,31	394,4	2,806	4,775	3,823			
23	21,01	316,32	36,53	394,4	2,863	4,464	3,614			
24	22,69	330,2	36,37	394,4	2,813	4,523	3,779			
25	21,74	322,31	36,3	394,4	2,944	4,618	3,738			
26	21,62	321,38	32,64	394,4	4,892	8,149	5,007			
27	21,95	324,1	32,76	394,4	4,977	8,293	5,093			
28	22,61	329,5	33,4	394,4	3,596	5,799	4,289			
29	22,29	326,84	33,82	394,4	2,813	4,618	3,754			
30	22,4	327,76	31,04	394,4	3,218	5,495	4,123			
31	21,19	317,78	35,74	394,4	2,497	4,06	3,431			
32	22,63	329,7	31,14	394,4	3,012	5,279	4,104			
33	22,48	328,45	36,19	394,4	4,573	7,233	4,915			
34	21,8	322,86	36,58	394,4	3,631	5,647	4,235			
35	22,22	326,28	32	394,4	2,878	4,894	3,863			
36	21,4	319,56	36,08	394,4	3,496	5,441	4,1			
37	22,28	326,79	31,11	394,4	4,066	6,858	4,585			
38	22,03	324,71	34,28	394,4	2,764	4,503	3,684			
39	21,37	319,33	36,89	394,4	2,775	4,351	3,586			
40	22,83	331,3	35,68	394,4	2,852	4,608	3,824			
41	21,78	322,71	36,08	394,4	2,606	4,211	3,549			
42	22,01	324,56	31,64	394,4	3,595	5,97	4,232			
43	21,39	319,5	34,04	394,4	4,46	7,19	4,716			
44	22,7	330,26	35,66	394,4	4,648	7,392	4,983			
45	21,47	320,12	32,29	394,4	5,251	8,918	5,173			
46	21,79	322,74	35,03	394,4	6,175	10,317	5,677			
47	22,33	327,2	36,58	394,4	5,029	8,007	5,167			
48	21,32	318,89	31,42	394,4	8,033	15,589	6,145			
49	21,63	321,44	31,15	394,4	3,296	5,517	4,042			
50	22,99	332,62	33,86	394,4	3,134	5,091	4,033			
51	22,73	330,5	32,52	394,4	3,876	6,352	4,489			
52	21,96	324,17	31,2	394,4	4,659	7,941	4,868			
53	21,29	318,66	36,52	394,4	4,057	6,336	4,477			
54	21,48	320,18	36	394,4	2,624	4,203	3,511			

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	22,59	329,33	34,52	394,4	3,104	4,978	3,951			
56	21,54	320,67	34,27	394,4	5,828	9,744	5,483			
57	21,31	318,77	33,62	394,4	3,051	4,886	3,785			
58	22,89	331,84	31,25	394,4	4,611	7,888	4,948			
59	21,99	324,45	35,38	394,4	3,638	5,714	4,253			
60	22,32	327,12	36,72	394,4	2,575	4,243	3,656			
61	22,81	331,19	34,84	394,4	5,6	9,182	5,545			
62	22	324,45	31,32	394,4	3,905	6,546	4,431			
63	22	324,45	32,42	394,4	4,671	7,765	4,874			
64	22,03	324,72	36,99	394,4	2,631	4,231	3,588			
65	22,84	331,43	34,17	394,4	4,84	7,857	5,097			
66	21,58	321,06	36,26	394,4	2,53	4,109	3,493			
67	22,59	329,32	33,23	394,4	3,172	5,167	4,011			
68	22,16	325,78	32,86	394,4	4,856	8,048	5,001			
69	21,23	318,1	35,62	394,4	5,905	9,754	5,5			
70	22,95	332,33	36,65	394,4	4,016	6,286	4,619			
71	21,36	319,22	34,79	394,4	4,057	6,433	4,47			
72	22,87	331,64	33,03	394,4	2,911	4,884	3,933			
73	21,57	320,92	34,37	394,4	2,627	4,3	3,558			
74	22,54	328,98	36,55	394,4	2,919	4,631	3,814			
75	22,73	330,52	35,57	394,4	2,709	4,459	3,763			
76	21,3	318,74	35,87	394,4	4,854	7,757	4,96			
77	21,48	320,19	34,88	394,4	3,214	5,065	3,906			
78	21,89	323,61	35,58	394,4	3,522	5,518	4,163			
79	22,23	326,38	33,57	394,4	4,37	7,076	4,741			
80	22,66	329,92	31,69	394,4	3,776	6,298	4,427			
81	21,8	322,81	35,9	394,4	4,13	6,489	4,564			
82	22,41	327,9	36,06	394,4	2,895	4,606	3,783			
83	22,83	331,34	36,88	394,4	5,213	8,305	5,337			
84	21,86	323,33	31,93	394,4	3,712	6,119	4,29			
85	21,02	316,38	33,44	394,4	3,063	4,901	3,768			
86	21,16	317,6	34,51	394,4	3,386	5,338	4,004			
87	22,79	330,98	36,71	394,4	5,251	8,388	5,363			
88	22,18	325,95	34,67	394,4	3,114	4,957	3,907			
89	21,64	321,48	34,71	394,4	2,889	4,607	3,701			
90	22,17	325,88	36,61	394,4	2,537	4,203	3,631			
91	22,93	332,12	32,59	394,4	5,586	9,484	5,528			
92	21,65	321,61	34,93	394,4	3	4,753	3,774			
93	21,65	321,62	35,07	394,4	2,823	4,501	3,657			
94	22,38	327,64	33,83	394,4	2,674	4,509	3,749			
95	21,89	323,57	32,55	394,4	3,003	4,938	3,838			
96	22,63	329,66	34,02	394,4	6,266	10,589	5,814			
97	22,92	332,04	32,02	394,4	3,35	5,588	4,2			
98	21,91	323,73	31,77	394,4	2,895	4,907	3,826			
99	22,28	326,84	36,96	394,4	4,017	6,26	4,548			
100	22,3	326,92	33,56	394,4	5,77	9,696	5,54			

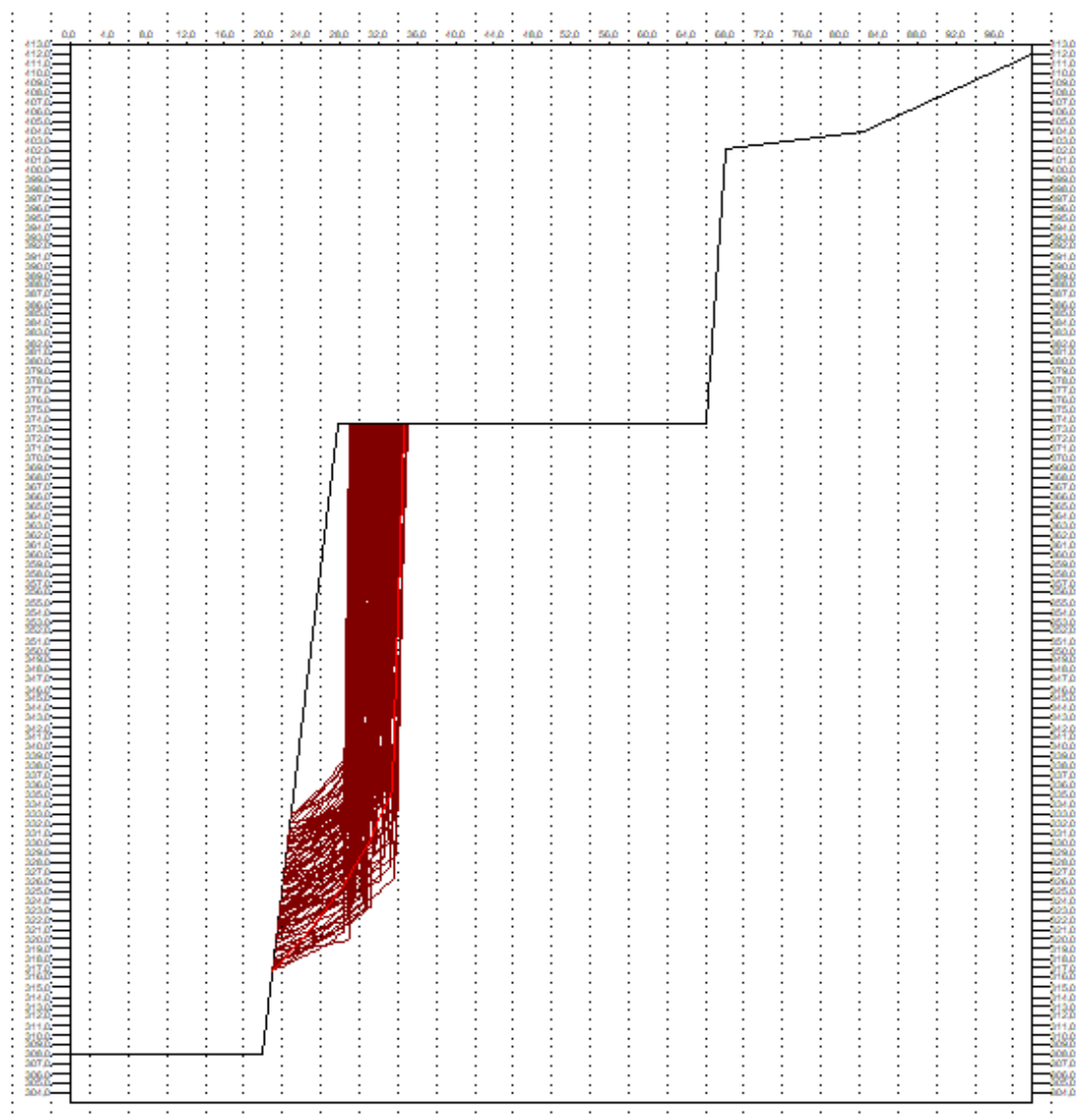
Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Coefficiente beta.....: 0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

FRONTE DI SCAVO SUD – V° Anno



Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	Ordinate Y (m)
0	308
20	308
27,75	373,5
65,99	373,5
68,01	402,12
82,4	403,9
99,92	411,9

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE																
Località: Trontano - Cava Servezz					Data:											
Riferimenti:																
Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo																
Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
94	2,508	Fellenius		21,03	316,707											
			1	21,622	317,303	0,84	45,2	1,304	34,25	0	0	0	69,5	0,6132	ammasso	22,462
			2	22,392	318,107	1,11	46,3	5,584	145,71	0	0	0	68	0,6257	ammasso	8,474
			3	22,806	318,55	0,61	46,9	4,821	125,32	0	0	0	67	0,6412	ammasso	6,088
			4	23,753	319,609	1,42	48,2	15,757	410,98	0	0	0	66	0,6609	ammasso	4,799
			5	23,99	319,879	0,36	48,8	4,967	130,15	0	0	0	65,3	0,6797	ammasso	4,161
			6	25,114	321,227	1,76	50,2	29,15	763,11	0	0	0	64,6	0,6992	ammasso	3,651
			7	25,174	321,299	0,09	50,7	1,788	46,86	0	0	0	64,1	0,7177	ammasso	3,35
			8	26,476	322,983	2,13	52,3	45,692	1198,69	0	0	0	63,6	0,7349	ammasso	3,045
			9	26,949	323,626	0,8	53,6	19,618	514,35	0	0	0	63	0,7578	ammasso	2,763
			10	27,837	324,897	1,55	55,1	40,714	1069,49	0	0	0	62,7	0,7709	ammasso	2,586
			11	28,133	325,332	0,53	55,8	14,32	375,96	0	0	0	62,5	0,778	ammasso	2,502
			12	29,199	326,997	1,98	57,4	50,434	1322,61	0	0	0	62,8	0,765	ammasso	2,485
			13	29,317	327,186	0,22	58	5,494	144,16	0	0	0	63	0,7581	ammasso	2,494
			14	30,56	329,33	2,48	59,9	56,237	1474,39	0	0	0	63,3	0,7439	ammasso	2,488
			15	31,093	330,318	1,12	61,7	23,268	609,47	0	0	0	63,7	0,7292	ammasso	2,509
			16	31,922	331,971	1,85	63,4	35,1	919,73	0	0	0	64,1	0,7164	ammasso	2,537
			17	32,277	332,711	0,82	64,4	14,618	382,96	0	0	0	64,3	0,7079	ammasso	2,577
			18	33,283	335,021	2,52	66,5	39,883	1045,36	0	0	0	46,8	0	giunto	0,446
			19	33,461	335,447	0,46	67,3	6,795	178,4	0	0	0	47	0	giunto	0,431
			20	34,644	373,5	38,07	88,2	22,525	591,57	0	0	0	58,8	0	giunto	0,05

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghez za m	Inclina zione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
---------	-----------	-------------------	--------	----------	----------	--------------	-----------------	-----------	---------	-----------------	-----------	-----------	---------	--------	-----------	-------------

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
---------	-----------	-------------------	--------	----------	----------	-------------	----------------	-----------	---------	-----------------	-----------	-----------	---------	--------	-----------	-------------

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Coefficiente beta..... 0,5

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	22,85	332,08	33,22	373,5	5,425	8,604	6,04			
2	21,18	317,95	31,46	373,5	3,539	5,613	4,44			
3	21,89	323,98	34,48	373,5	3,098	5,001	4,328			
4	22,23	326,84	31,01	373,5	6,822	11,317	6,627			
5	21,29	318,88	29,76	373,5	8,927	16,145	7,129			
6	22,29	327,33	29,25	373,5	3,498	5,998	4,759			
7	22,95	332,91	30,31	373,5	3,54	6,051	4,971			
8	22,85	332,08	31,83	373,5	3,336	5,697	4,89			
9	22,6	329,98	30,15	373,5	7,057	11,935	6,791			
10	22,72	331,02	33,97	373,5	4,467	7,012	5,387			
11	21,54	320,99	34,36	373,5	4,105	6,348	4,892			
12	22,41	328,34	29,04	373,5	5,295	8,907	5,768			
13	22,7	330,83	30,31	373,5	4,027	6,603	5,088			
14	22,34	327,75	34,35	373,5	3,231	5,244	4,531			
15	22,58	329,76	33,33	373,5	4,068	6,42	5,074			
16	21,79	323,16	30,38	373,5	8,484	14,842	7,143			
17	22,5	329,15	30,04	373,5	4,112	6,734	5,093			
18	21,75	322,76	30,93	373,5	3,034	5,215	4,433			
19	22,51	329,18	29,27	373,5	4,355	7,249	5,248			
20	21,64	321,83	30,62	373,5	3,898	6,254	4,773			
21	21,61	321,61	31,03	373,5	5,544	8,974	5,792			
22	21,73	322,58	33,89	373,5	3,298	5,218	4,363			
23	21,03	316,69	29,12	373,5	4,298	7,055	4,946			
24	21,6	321,51	29,25	373,5	3,734	6,174	4,685			
25	22,76	331,34	34,04	373,5	3,278	5,471	4,821			
26	22,71	330,94	32,82	373,5	4,102	6,513	5,129			
27	21,98	324,77	33,65	373,5	5,579	8,8	5,922			
28	22,68	330,62	33,02	373,5	5,513	8,757	6,041			
29	21,47	320,45	30,24	373,5	5,011	8,13	5,458			
30	22,29	327,35	32,02	373,5	3,251	5,373	4,537			
31	22,14	326,08	30,73	373,5	4,472	7,195	5,248			
32	21,58	321,33	29,72	373,5	5,031	8,251	5,479			
33	21,87	323,78	31,34	373,5	3,036	5,211	4,468			
34	22,97	333,08	30,52	373,5	5,171	8,442	5,873			
35	21,05	316,9	29,16	373,5	3,087	5,301	4,296			
36	22,76	331,35	35	373,5	4,154	6,508	5,187			
37	22,16	326,28	34,4	373,5	5,746	9,043	6,068			
38	21,15	317,7	31,49	373,5	4,135	6,524	4,847			
39	21,79	323,1	32,77	373,5	3,746	5,891	4,68			
40	22,26	327,13	33,72	373,5	3,103	5,184	4,556			
41	21,77	322,94	34,97	373,5	2,972	4,87	4,309			
42	22,57	329,72	29,15	373,5	3,478	6,19	4,998			
43	22,64	330,34	30,18	373,5	3,383	5,852	4,85			
44	21,87	323,76	34,78	373,5	3,599	5,614	4,593			
45	22,47	328,86	29,54	373,5	4,157	6,877	5,118			
46	22,12	325,88	30,9	373,5	3,25	5,43	4,514			
47	22,67	330,57	29,01	373,5	5,545	9,385	5,965			
48	22,73	331,07	33,66	373,5	4,724	7,429	5,561			
49	22,68	330,66	33,84	373,5	5,313	8,372	5,93			
50	22,29	327,35	29,76	373,5	3,973	6,537	4,959			
51	22,14	326,06	32,63	373,5	3,138	5,191	4,45			
52	22,08	325,61	32,83	373,5	4,41	6,923	5,199			
53	22,21	326,69	31,04	373,5	3,517	5,737	4,643			
54	21,25	318,57	29,83	373,5	3,212	5,335	4,305			

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	21,71	322,48	33,51	373,5	3,467	5,454	4,473			
56	21,04	316,78	31,17	373,5	3,435	5,472	4,349			
57	21,53	320,94	29,32	373,5	3,157	5,466	4,458			
58	21,7	322,4	30,91	373,5	3,03	5,182	4,398			
59	22,57	329,71	32,2	373,5	3,504	5,697	4,721			
60	22,15	326,19	33,55	373,5	3,405	5,429	4,533			
61	21,99	324,85	31,9	373,5	3,697	5,89	4,688			
62	22,52	329,31	29,9	373,5	4,854	7,964	5,561			
63	22,09	325,69	32,94	373,5	3,108	5,137	4,425			
64	21,82	323,37	30,75	373,5	4,293	6,882	5,065			
65	22	324,93	30,08	373,5	4,651	7,556	5,335			
66	21,43	320,08	32,17	373,5	5,638	9,015	5,826			
67	22,48	328,96	33,95	373,5	4,631	7,25	5,436			
68	21,08	317,12	33,83	373,5	2,973	4,741	4,044			
69	22,57	329,69	29,24	373,5	3,533	6,136	4,897			
70	21,6	321,5	31,6	373,5	3,192	5,184	4,303			
71	21,89	323,95	32,42	373,5	3,763	5,944	4,711			
72	22,96	333,02	32,21	373,5	4,171	6,68	5,239			
73	22,23	326,82	29,36	373,5	4,105	6,8	5,033			
74	21,48	320,52	33,37	373,5	2,911	4,805	4,186			
75	22,37	328,06	29,28	373,5	3,385	5,992	4,881			
76	22,91	332,59	34,44	373,5	3,344	5,56	4,909			
77	21,83	323,46	33,23	373,5	6,759	10,915	6,532			
78	21,77	322,93	33,15	373,5	3,106	5,031	4,287			
79	21,36	319,47	32,67	373,5	3,211	5,112	4,239			
80	21,45	320,22	34,06	373,5	3,23	5,088	4,264			
81	22,09	325,66	30,59	373,5	4,002	6,46	4,934			
82	21,75	322,76	29,91	373,5	3,298	5,515	4,46			
83	21,8	323,24	30,29	373,5	5,299	8,637	5,685			
84	22,61	330,03	32,38	373,5	6,535	10,589	6,608			
85	21,45	320,26	34,5	373,5	2,977	4,79	4,148			
86	21,98	324,76	31,04	373,5	4,341	6,94	5,133			
87	22,85	332,07	34,53	373,5	5,722	9,022	6,232			
88	22,29	327,35	29,75	373,5	5,728	9,522	6,004			
89	22,16	326,3	31,38	373,5	3,122	5,333	4,561			
90	22,6	329,95	33,75	373,5	3,715	5,902	4,845			
91	21,1	317,28	29,49	373,5	3,645	5,955	4,535			
92	21,07	317,06	30,02	373,5	3,484	5,646	4,407			
93	21,11	317,39	31,71	373,5	3,849	6,058	4,642			
94	21,03	316,71	34,64	373,5	2,508	4,037	3,509			
95	21,31	319,11	34,88	373,5	3,96	6,095	4,753			
96	22,62	330,15	32,77	373,5	3,474	5,637	4,715			
97	22,27	327,2	31,95	373,5	4,162	6,61	5,069			
98	21,62	321,66	30,43	373,5	3,672	5,929	4,621			
99	21,69	322,31	34,88	373,5	4,279	6,607	5,043			
100	21,27	318,76	31,14	373,5	4,151	6,582	4,878			

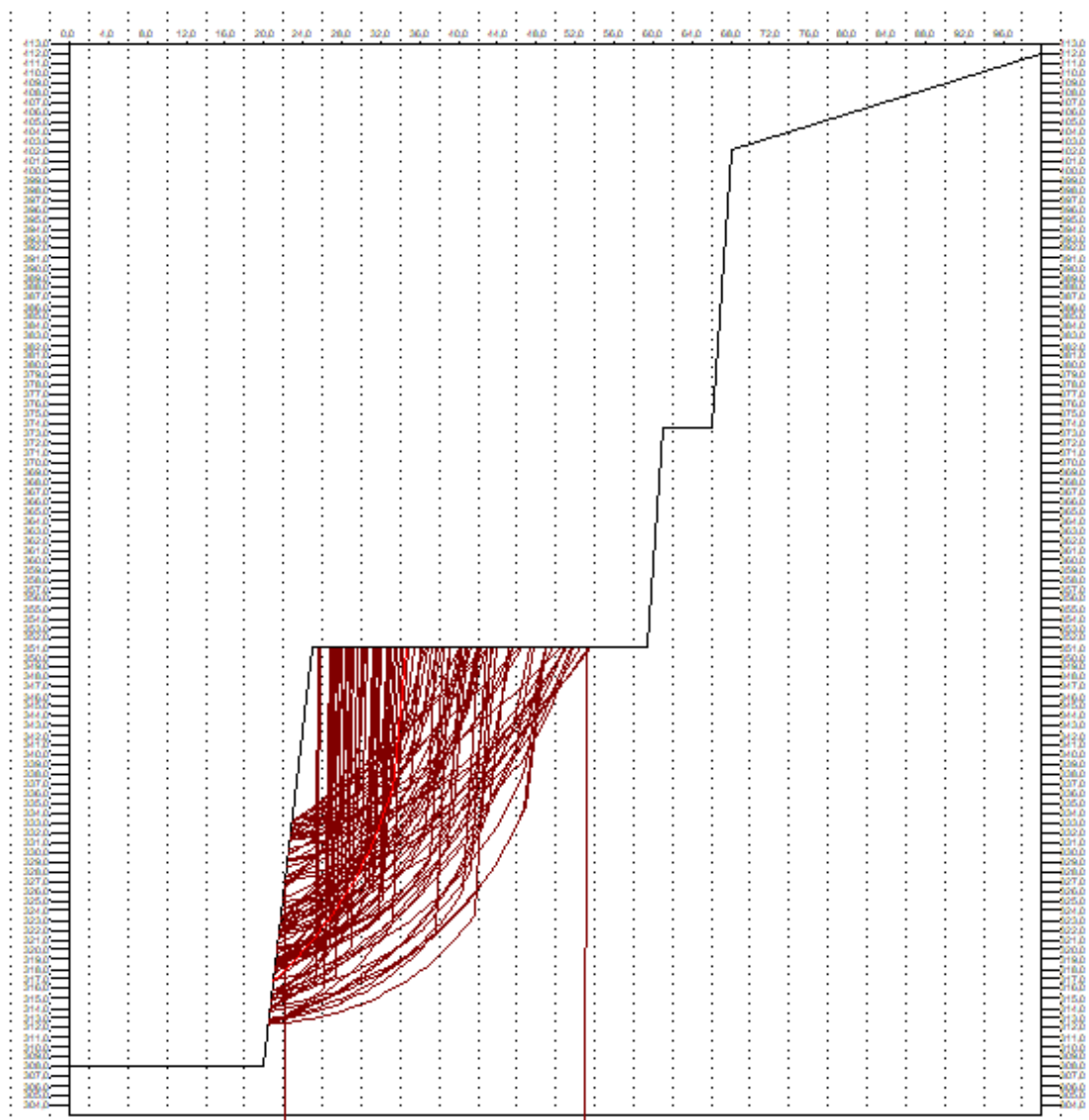
Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Coefficiente beta.....: 0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

FRONTE DI SCAVO SUD – X° Anno



Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)	Ordinate Y (m)
0	308
20	308
25,08	351
59,4	351
60,99	373,5
65,99	373,5
68,01	402,12
99,92	411,9

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE																
Località: Trontano - Cava Servezz						Data:										
Riferimenti:																
Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo																
Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
73	3,023	Fellenius		21,043	316,825											
			1	21,542	317,287	0,68	42,8	0,94	23,64	0	0	0	69,7	0,6128	ammasso	27,097
			2	22,391	318,11	1,18	44,1	5,896	151,81	0	0	0	68,1	0,6253	ammasso	8,986
			3	22,541	318,258	0,21	44,7	1,601	41,76	0	0	0	67,1	0,6394	ammasso	6,571
			4	23,739	319,516	1,74	46,4	18,802	491,67	0	0	0	66,1	0,6593	ammasso	5,062
			5	24,038	319,844	0,44	47,6	6,362	166,25	0	0	0	65,2	0,6828	ammasso	4,196
			6	25,087	321,063	1,61	49,3	27,408	717,02	0	0	0	64,5	0,7023	ammasso	3,675
			7	25,536	321,613	0,71	50,8	13,33	348,65	0	0	0	64,1	0,7145	ammasso	3,378
			8	26,435	322,781	1,47	52,4	25,887	678,41	0	0	0	64,4	0,7062	ammasso	3,364
			9	26,535	322,913	0,17	53	2,811	73,8	0	0	0	64,5	0,7018	ammasso	3,381
			10	27,783	324,707	2,19	55,2	33,941	889,7	0	0	0	64,9	0,6917	ammasso	3,385
			11	28,033	325,086	0,45	56,6	6,517	170,71	0	0	0	65,2	0,6834	ammasso	3,433
			12	29,132	326,895	2,12	58,7	27,473	719,38	0	0	0	65,5	0,6738	ammasso	3,491
			13	29,531	327,603	0,81	60,6	9,487	247,93	0	0	0	65,9	0,6649	ammasso	3,603
			14	30,48	329,443	2,07	62,7	21,325	556,41	0	0	0	66,3	0,6558	ammasso	3,759
			15	30,53	329,543	0,11	63,5	1,074	28,1	0	0	0	66,5	0,6515	ammasso	3,882
			16	31,828	332,543	3,27	66,6	25,909	679,46	0	0	0	49,2	0	giunto	0,483
			17	32,028	333,052	0,55	68,6	3,635	95,07	0	0	0	49,9	0	giunto	0,449
			18	33,176	336,641	3,77	72,3	18,551	483,27	0	0	0	51	0	giunto	0,382
			19	33,526	337,968	1,37	75,2	4,787	125,01	0	0	0	52,2	0	giunto	0,33
			20	34,524	351	13,07	85,6	6,507	170,72	0	0	0	59,5	0	giunto	0,127

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
---------	-----------	-------------------	--------	----------	----------	-------------	----------------	-----------	---------	-----------------	-----------	-----------	---------	--------	-----------	-------------

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Coefficiente beta.....: 0,5

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	22,49	329,04	30,05	351	5,341	8,86	7,326			
2	21,61	321,63	30,57	351	4,244	6,971	6,011			
3	20,73	314,14	29,59	351	4,136	6,57	5,422			
4	22,97	333,15	42,46	351	8,071	13,267	13,847			
5	21,54	321,01	37,87	351	3,604	5,981	5,564			
6	21,63	321,8	42,42	351	4,412	7,016	6,766			
7	21,31	319,07	43,41	351	4,765	7,239	6,518			
8	21,72	322,59	28,49	351	4,974	8,087	6,39			
9	21,25	318,59	29,19	351	4,911	7,819	6,145			
10	20,5	312,26	26,68	351	4,542	7,42	5,639			
11	21,43	320,08	33,11	351	5,883	9,19	6,991			
12	21,26	318,65	40,3	351	3,853	5,971	5,556			
13	22,9	332,58	42,29	351	8,083	12,635	11,34			
14	20,66	313,61	49,01	351	4,734	7,062	6,224			
15	21,99	324,8	33,6	351	5,636	8,967	7,202			
16	20,85	315,15	25,76	351	5,883	9,938	6,541			
17	22,81	331,8	28,98	351	8,693	14,444	9,471			
18	20,92	315,77	26,92	351	4,721	7,724	5,886			
19	21,65	321,99	34,9	351	3,863	6,348	5,601			
20	20,91	315,73	42,99	351	5,215	8,015	6,653			
21	20,52	312,36	45,02	351	4,14	6,216	5,622			
22	21,12	317,49	27,65	351	3,866	6,661	5,646			
23	20,82	314,92	27,95	351	6,378	10,252	6,887			
24	21,41	319,92	32,94	351	5,264	8,242	6,551			
25	22,27	327,2	51,62	351	7,465	11,531	11,36			
26	21,39	319,78	47,84	351	5,251	7,896	7,276			
27	21,9	324,1	42,96	351	5,238	8,08	8,125			
28	22,9	332,54	41,35	351	7,558	12,171	12,407			
29	20,87	315,37	27,31	351	4,208	6,913	5,546			
30	21,82	323,4	51,74	351	6,294	9,628	9,628			
31	21,17	317,89	41,89	351	3,935	6,25	5,962			
32	21,64	321,92	32,1	351	5,136	8,129	6,57			
33	21,03	316,76	52,46	351	5,092	7,787	8,223			
34	21,63	321,79	37,79	351	5,19	8,157	6,91			
35	22,75	331,24	27,33	351	10,567	18,151	10,045			
36	22,95	332,97	36,73	351	6,713	10,874	11,102			
37	22,58	329,82	36,28	351	5,14	8,524	7,91			
38	22,5	329,17	25,74	351	13,277	24,991	10,288			
39	21,26	318,67	40,87	351	4,117	6,739	6,831			
40	22,78	331,53	28,61	351	5,362	9,3	7,856			
41	21,89	324,04	39,09	351	5,065	7,852	6,973			
42	21,28	318,87	38,42	351	5,085	7,905	6,58			
43	22,56	329,67	50,6	351	7,738	12,245	12,709			
44	20,71	314,02	48,88	351	4,79	7,152	6,274			
45	22,73	331,11	33,1	351	5,568	9,048	8,054			
46	20,52	312,38	43,29	351	5,331	8,117	6,506			
47	22,63	330,23	53,62	351	8,739	13,462	13,98			
48	22,94	332,86	45,4	351	8,752	13,937	13,765			
49	22,96	333,08	40,07	351	7,9	12,702	13,779			
50	20,78	314,62	28,91	351	3,613	6,132	5,352			
51	22,95	332,96	30,37	351	5,608	9,413	8,223			
52	22,16	326,25	53,09	351			39220,62			
53	22,19	326,57	25,65	351	5,295	9,631	7,267			
54	22,03	325,18	51,2	351	6,552	10,042	10,592			

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	21,21	318,26	33,4	351	3,414	5,489	4,767			
56	21,82	323,38	46,54	351	5,78	9,096	9,641			
57	20,55	312,66	39,11	351	5,084	7,757	6,206			
58	21,66	322,05	33,15	351	4,157	6,662	5,913			
59	21,79	323,15	32,82	351	3,379	5,755	4,887			
60	22,79	331,58	49,73	351	9,326	14,373	14,948			
61	22,31	327,51	50,84	351	7,353	11,379	11,323			
62	22,75	331,26	37,19	351	6,57	10,413	8,956			
63	21,15	317,76	47,39	351	4,741	7,117	6,863			
64	21,17	317,88	51,18	351	5,168	8,014	8,418			
65	20,94	315,92	48,91	351	4,61	6,882	6,703			
66	21,45	320,25	25,6	351	8,798	15,662	8,147			
67	21,46	320,38	53,36	351	5,648	8,631	9,072			
68	21,6	321,57	34,03	351	4,165	6,65	5,958			
69	22,97	333,15	35,42	351	6,726	10,794	9,409			
70	20,7	313,95	45,45	351	3,808	5,895	5,487			
71	21,18	318	40,08	351	3,844	6,009	5,749			
72	21,02	316,62	31,71	351	3,258	5,308	4,567			
73	21,04	316,83	34,52	351	3,023	5,065	4,351			
74	20,57	312,86	42,06	351	4,724	7,221	6,08			
75	22,22	326,78	38,32	351	4,792	7,82	7,366			
76	20,88	315,45	40,23	351	4,399	6,82	6,037			
77	22,17	326,41	28,37	351	4,581	8,015	6,895			
78	21,04	316,8	49,04	351	4,96	7,416	6,766			
79	21,21	318,28	40,73	351	3,963	6,222	5,5			
80	21,72	322,55	31,35	351	4,241	7,054	6,285			
81	20,53	312,49	34,27	351	3,979	6,193	5,309			
82	21,32	319,13	31,22	351	4,321	6,915	5,834			
83	20,71	314,03	31,7	351	3,59	5,887	5,267			
84	21,7	322,36	28,02	351	5,882	9,538	6,952			
85	21,89	323,96	50,87	351	6,352	9,632	10,241			
86	22,85	332,14	27,14	351	6,137	10,549	8,014			
87	21,58	321,39	31,92	351	5,836	9,187	7,003			
88	21,74	322,71	36,96	351	3,708	6,199	5,722			
89	22,78	331,53	43,22	351	7,6	12,621	12,994			
90	21,25	318,62	26,98	351	4,041	7,025	5,829			
91	21,19	318,05	40,99	351	4,531	6,903	6,041			
92	22,76	331,38	46,24	351	7,807	12,569	13,088			
93	22,89	332,43	27,83	351	5,821	10,013	7,972			
94	20,55	312,63	43,96	351	4,14	6,227	5,561			
95	22,42	328,45	30,18	351	5,85	9,539	7,525			
96	21,26	318,64	42,18	351	4,045	6,449	6,285			
97	22,29	327,41	36,29	351	4,702	7,795	7,294			
98	21,29	318,95	32,64	351	6,257	9,77	7,156			
99	21,82	323,39	28,05	351	5,506	8,962	6,778			
100	22,52	329,35	35,99	351	6,736	10,859	8,751			

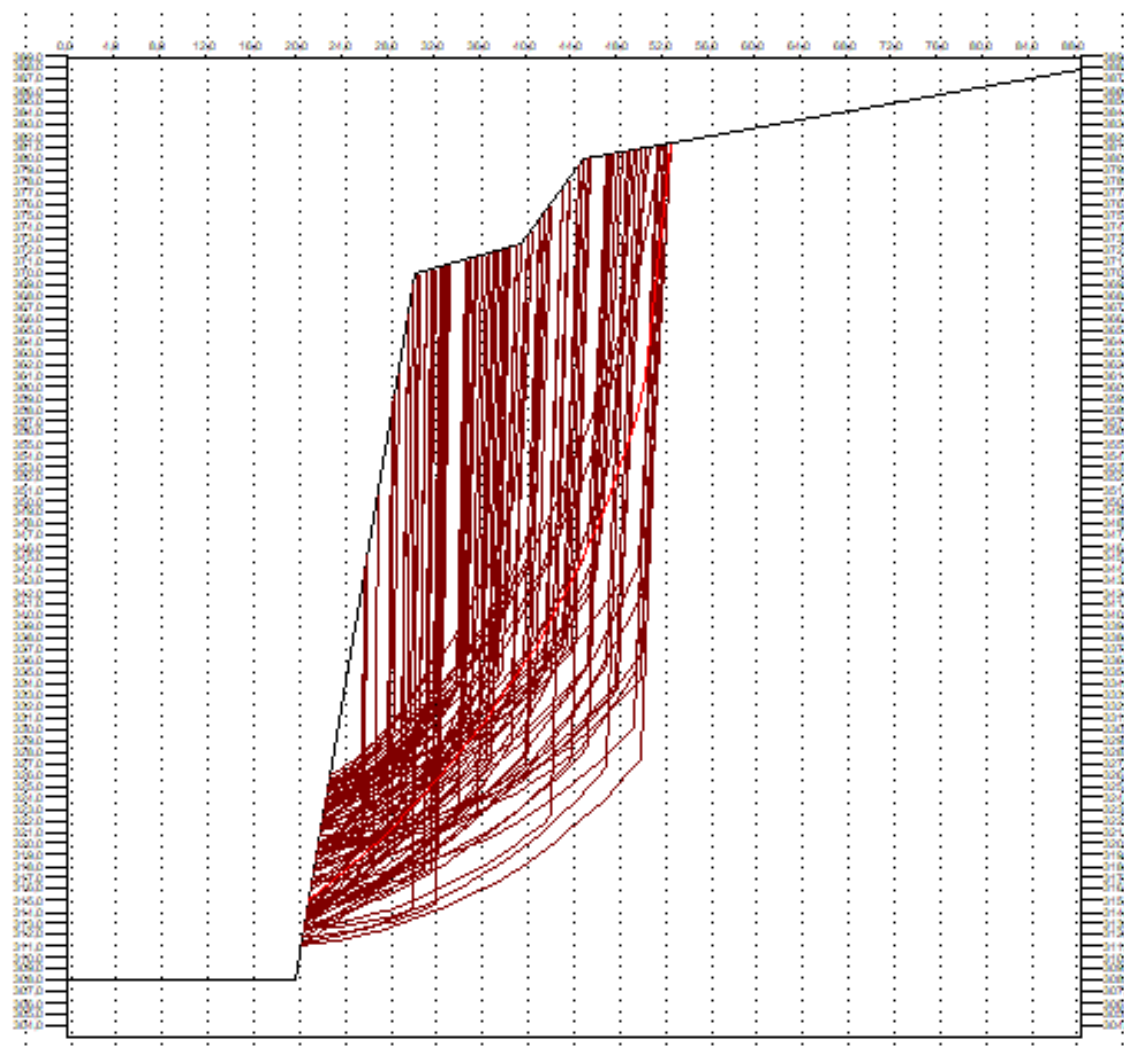
Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Coefficiente beta.....: 0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

FRONTE DI SCAVO EST – Stato Attuale



Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)

Ordinate Y (m)

0	308
20	308
30,36	369,83
39,75	372,56
45,15	380
88,6	387,83

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE																
Località: Trontano - Cava Servezz						Data:										
Riferimenti:																
Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo																
Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
10	3,713	Fellenius		21,183	315,057											
			1	22,274	315,921	1,39	38,4	3,084	80,39	0	0	0	69,2	0,6148	ammasso	19,087
			2	24,348	317,65	2,7	39,8	22,765	594,57	0	0	0	66,8	0,6443	ammasso	6,887
			3	24,457	317,743	0,14	40,3	1,81	47,37	0	0	0	65,6	0,6714	ammasso	5,359
			4	27,514	320,524	4,13	42,3	75,158	1969,47	0	0	0	64,3	0,7107	ammasso	4,215
			5	27,732	320,731	0,3	43,4	7,176	188,33	0	0	0	63,1	0,7529	ammasso	3,6
			6	30,68	323,724	4,2	45,4	117,328	3077,36	0	0	0	62,4	0,7831	ammasso	3,187
			7	31,007	324,07	0,48	46,6	15,088	395,33	0	0	0	61,8	0,8107	ammasso	2,931
			8	33,845	327,307	4,3	48,8	126,986	3329,13	0	0	0	62,1	0,7948	ammasso	2,862
			9	34,282	327,829	0,68	50,1	18,923	496,09	0	0	0	62,4	0,7821	ammasso	2,842
			10	37,011	331,36	4,46	52,3	113,998	2992,95	0	0	0	62,8	0,7654	ammasso	2,798
			11	37,557	332,106	0,92	53,8	21,892	575,62	0	0	0	63,1	0,7518	ammasso	2,797
			12	40,177	336,013	4,7	56,2	100,8	2645,86	0	0	0	63,6	0,7347	ammasso	2,786
			13	40,832	337,056	1,23	57,9	24,276	635,63	0	0	0	63,9	0,7217	ammasso	2,803
			14	43,342	341,484	5,09	60,4	91,665	2403,55	0	0	0	64,3	0,7095	ammasso	2,782
			15	44,106	342,95	1,65	62,5	27,37	719,45	0	0	0	64,6	0,6993	ammasso	2,792
			16	46,508	348,194	5,77	65,4	81,247	2134,83	0	0	0	65,2	0,6818	ammasso	2,902
			17	47,381	350,349	2,32	67,9	27,117	712	0	0	0	65,9	0,6652	ammasso	3,13
			18	49,674	357,225	7,25	71,6	61,485	1609,74	0	0	0	66,8	0,6447	ammasso	3,709
			19	50,656	360,947	3,85	75,2	21,435	560,7	0	0	0	67,8	0,6285	ammasso	4,951
			20	52,839	381,386	20,55	83,9	21,882	574,19	0	0	0	69,8	0,6123	ammasso	21,779
Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Coefficiente beta.....: 0,5

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	22,25	321,42	35,6	371,35	7,617	6,381	31,174			
2	22,42	322,43	45,11	379,94	4,649	5,501	9,027			
3	20,99	313,91	26,08	344,28	16,668	11,133	127,392			
4	21,21	315,23	47,35	380,4	6,11	6,393	13,897			
5	22,59	323,45	28,52	358,83	27,323	16,162	154,058			
6	20,71	312,22	40,3	373,31	5,194	5,101	12,455			
7	20,85	313,1	35,27	371,26	7,103	5,808	27,928			
8	21,93	319,52	28,34	357,76	13,887	8,866	100,255			
9	21,83	318,91	33,12	370,63	7,023	6,003	25,186			
10	21,18	315,06	52,84	381,39	3,713	5,093	6,262			
11	21,86	319,07	47,22	380,37	5,479	5,888	11,694			
12	22,85	325	28,6	359,33	24,896	14,332	155,2			
13	22,22	321,24	47,44	380,41	5,876	6,325	12,906			
14	21,99	319,87	38,7	372,26	5,479	5,447	13,8			
15	21,03	314,14	29,81	366,54	10,528	6,887	64,643			
16	21,58	317,44	30,76	369,95	13,341	8,295	79,209			
17	21,61	317,59	35,69	371,38	5,733	5,463	15,531			
18	22,85	325,01	38,67	372,25	7,03	6,635	22,74			
19	22,17	320,94	51,94	381,22	3,978	5,924	6,873			
20	20,54	311,24	49,1	380,71	5,597	5,962	11,727			
21	20,75	312,5	30,89	369,98	23,18	16,708	86,919			
22	22,84	324,96	40,21	373,2	4,896	6,029	9,815			
23	22,11	320,61	52,15	381,26	6,286	7,114	12,64			
24	20,96	313,76	48,98	380,69	4,685	5,202	8,905			
25	21,01	314,03	28,44	358,38	14,049	8,332	98,391			
26	21,15	314,85	41,32	374,72	4,815	5,052	10,352			
27	22,03	320,09	41,3	374,7	8,788	8,5	27,517			
28	22,22	321,24	28,93	361,31	24,617	14,759	135,099			
29	20,5	311,01	52,4	381,31	5,509	6,102	10,678			
30	22,48	322,8	36,57	371,63	6,19	5,766	18,897			
31	20,8	312,77	51,87	381,21	4,654	5,294	8,438			
32	20,94	313,6	33	370,6	9,082	6,607	45,413			
33	22,5	322,93	29,77	366,29	14,022	8,341	99,704			
34	21,95	319,66	30,24	369,1	13,546	8,075	89,562			
35	20,87	313,19	52,68	381,36	4,138	4,958	7,08			
36	22,55	323,2	42,13	375,84	4,771	5,648	9,534			
37	22,8	324,68	43,3	377,46	6,518	6,653	17,13			
38	22,37	322,15	43,32	377,47	6,181	6,282	15,779			
39	22,33	321,88	26,28	345,45	41,153	24,233	240,54			
40	20,96	313,7	48,65	380,63	3,995	4,887	7,03			
41	21,08	314,45	32,57	370,47	9,76	6,919	50,86			
42	22,45	322,6	30,59	369,9	11,387	7,314	73,613			
43	21,86	319,08	36,2	371,53	6,748	5,858	24,093			
44	22,77	324,52	45,15	380	6,264	6,542	15,339			
45	21,91	319,38	50,21	380,91	6,06	6,689	12,606			
46	22,66	323,87	37,23	371,83	6,049	5,8	17,472			
47	21,17	314,96	31,86	370,27	16,981	12,13	74,448			
48	20,52	311,1	43,26	377,4	4,496	4,811	9,044			
49	21,41	316,43	41,62	375,14	6,393	6,192	17,757			
50	21,05	314,26	32,58	370,47	14,201	10,361	64,631			
51	22,64	323,73	44,79	379,51	6,211	6,45	15,276			
52	22,54	323,13	42,23	375,97	7,277	7,201	21,096			
53	21,67	317,99	37,65	371,95	7,149	6,359	25,001			
54	21,86	319,12	26,01	343,86	24,93	13,969	202,377			

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	20,64	311,82	45,42	380,05	4,397	4,822	8,519			
56	22,67	323,96	48,18	380,55	5,112	5,836	10,049			
57	22,64	323,76	32,9	370,57	7,615	6,45	29,993			
58	20,64	311,82	33,08	370,62	15,438	11,893	62,441			
59	22,53	323,08	41,77	375,35	4,934	5,569	10,291			
60	21,31	315,79	49,54	380,79	3,913	5,065	6,786			
61	22,24	321,35	47,72	380,46	4,909	5,56	9,585			
62	22,37	322,13	47,35	380,4	4,693	5,469	8,928			
63	21,42	316,49	51,62	381,17	6,189	6,87	12,616			
64	22,03	320,12	35,03	371,19	9,237	7,42	41,711			
65	20,84	312,99	38,08	372,07	5,022	5,017	11,67			
66	22,56	323,29	35,59	371,35	6,761	5,948	24,12			
67	21,12	314,66	51,01	381,06	3,743	5,38	6,459			
68	21,75	318,43	32,12	370,34	8,013	6,146	36,437			
69	21,95	319,66	49,83	380,84	6,006	6,61	12,562			
70	21,68	318	39,26	372,42	5,237	5,293	12,455			
71	21,46	316,7	38,22	372,12	6,53	5,945	20,77			
72	22,32	321,83	34,88	371,15	6,884	5,885	25,718			
73	21,61	317,61	35,05	371,19	8,271	6,653	36,151			
74	21,39	316,29	37,46	371,9	5,515	5,26	14,577			
75	20,75	312,45	40,62	373,76	4,334	5,201	8,296			
76	22,69	324,03	45,68	380,1	6,411	6,721	15,596			
77	21,96	319,7	31,51	370,16	9,185	6,488	49,641			
78	21,97	319,74	45,75	380,11	8,349	8,594	21,993			
79	22,29	321,66	43,82	378,16	6,267	6,374	15,979			
80	20,96	313,75	27,14	350,59	16,803	9,726	125,264			
81	22,88	325,21	50,46	380,96	5,463	6,323	10,59			
82	23	325,89	33,51	370,74	7,994	6,414	36,67			
83	22,91	325,39	33,26	370,67	12,289	9,084	63,961			
84	21,58	317,4	32,17	370,36	9,372	6,557	50,901			
85	20,9	313,35	40,23	373,23	4,843	4,982	10,633			
86	22,92	325,41	32,79	370,54	9,01	6,72	47,832			
87	21,78	318,64	26,13	344,57	25,285	14,072	197,389			
88	20,72	312,3	33,28	370,68	9,234	6,8	45,018			
89	22,81	324,8	39,38	372,45	5,317	5,746	12,128			
90	20,91	313,41	35,84	371,42	5,41	5,26	13,546			
91	21,09	314,51	36,99	371,76	7,891	6,78	29,738			
92	21,51	317,04	52,16	381,26	5,089	5,811	9,476			
93	22,28	321,63	31,37	370,12	9,321	6,73	49,608			
94	22,81	324,76	39,61	372,52	5,475	5,768	13,002			
95	20,76	312,55	43,9	378,28	7,11	6,984	19,356			
96	20,8	312,8	38,43	372,18	4,735	5,078	10,013			
97	22,87	325,14	35	371,18	7,105	6,138	27,214			
98	20,9	313,37	52,09	381,25	4,053	4,904	6,927			
99	22,42	322,47	28,63	359,5	13,805	9,439	95,096			
100	22,78	324,56	26,07	344,25	47,132	27,697	291,153			

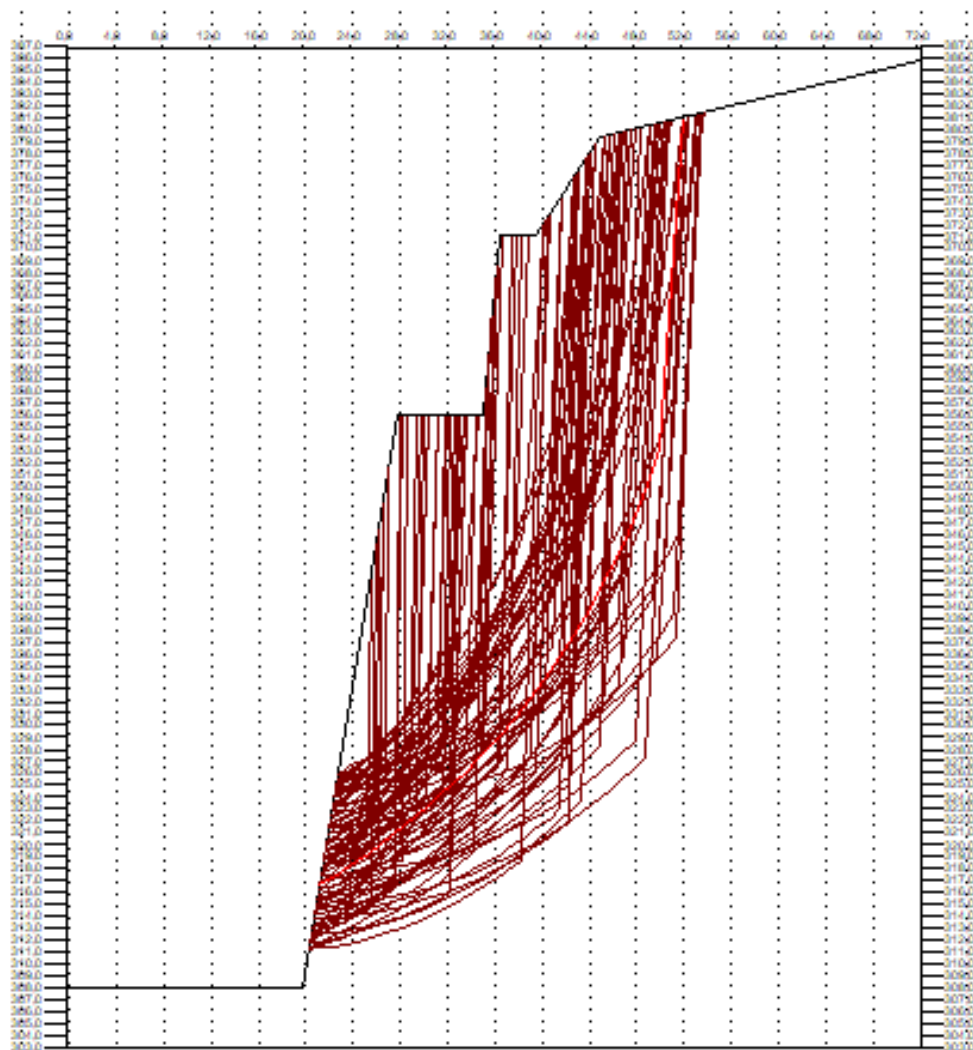
Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Coefficiente beta.....: 0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

FRONTE DI SCAVO EST – X° Anno



Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Coordinate del profilo topografico

Ascisse X (m)

Ordinate Y (m)

0	308
20	308
27,97	356
35,17	356
36,59	371
39,59	371
45,14	379,41
72,42	385,84

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo delle superficie con coefficiente di sicurezza minimo

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
63	4,146	Fellenius		21,442	316,685											
			1	22,466	317,303	1,2	31,1	2,842	72,73	0	0	0	69,2	0,6152	ammasso	21,969
			2	24,515	318,62	2,44	32,7	22,655	587,21	0	0	0	66,6	0,6492	ammasso	7,896
			3	25,539	319,32	1,24	34,4	19,77	517,17	0	0	0	64,8	0,6943	ammasso	5,596
			4	27,587	320,813	2,53	36,1	56,247	1476,09	0	0	0	63,4	0,7403	ammasso	4,549
			5	28,611	321,607	1,3	37,8	34,451	902,36	0	0	0	62,6	0,7727	ammasso	4,004
			6	30,66	323,299	2,66	39,6	68,717	1799,33	0	0	0	62,8	0,7673	ammasso	3,856
			7	31,684	324,201	1,36	41,4	33,03	864,64	0	0	0	63,1	0,7548	ammasso	3,78
			8	33,732	326,127	2,81	43,2	63,164	1653,87	0	0	0	63,4	0,742	ammasso	3,722
			9	34,756	327,157	1,45	45,1	30,068	789,23	0	0	0	63,7	0,7293	ammasso	3,679
			10	36,805	329,365	3,01	47,1	72,184	1896,3	0	0	0	63,1	0,7537	ammasso	3,266
			11	37,829	330,551	1,57	49,2	42,035	1104,38	0	0	0	62,6	0,7751	ammasso	2,949
			12	39,877	333,115	3,28	51,4	80,675	2117,17	0	0	0	63	0,7581	ammasso	2,913
			13	40,902	334,505	1,73	53,6	39,33	1031,65	0	0	0	63,3	0,7446	ammasso	2,866
			14	42,95	337,546	3,67	56	78,891	2068,69	0	0	0	63,6	0,7352	ammasso	2,79
			15	43,974	339,221	1,96	58,6	39,414	1034,34	0	0	0	63,9	0,7247	ammasso	2,731
			16	46,022	342,971	4,27	61,4	76,885	2020,2	0	0	0	64,3	0,7096	ammasso	2,726
			17	47,047	345,102	2,36	64,3	36,566	958,92	0	0	0	64,9	0,6912	ammasso	2,802
			18	49,095	350,126	5,43	67,8	66,545	1745,46	0	0	0	65,7	0,6691	ammasso	3,034
			19	50,119	353,226	3,26	71,7	29,483	773,06	0	0	0	66,6	0,6481	ammasso	3,525
			20	52,168	381,066	27,92	85,8	28,019	732,66	0	0	0	69,8	0,6122	ammasso	23,033

Superf.	Fs minimo	Metodo di calcolo	Concio	X base m	Y base m	Lunghezza m	Inclinazione °	Volume mc	Peso kN	Altezza falda m	Carichi N	Carichi T	Phi (°)	C(MPa)	Parametri	Fs parziale
---------	-----------	-------------------	--------	----------	----------	-------------	----------------	-----------	---------	-----------------	-----------	-----------	---------	--------	-----------	-------------

LEGENDA

Carichi N= Carichi normali (kN)

Carichi T= Carichi tangenziali (kN)

Phi= Angolo di resistenza al taglio (°)

C= Coesione (MPa)

N.B.: dove il fattore di sicurezza parziale è <1 viene usata la resistenza al taglio residua.

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Coefficiente beta.....: 0,5

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo

Committente: SOC. CAVA FAVALLE SRL UNIPERSONALE

Località: Trontano - Cava Servezz

Data:

Riferimenti:

Analisi di stabilità: riepilogo dei coefficienti di sicurezza

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
1	22,98	325,93	31,37	356	9,8	8,519	25,343			
2	22,28	321,73	26,74	348,56	26,316	14,808	95,061			
3	21,9	319,44	32,49	356	7,862	7,046	34,536			
4	21,46	316,78	40,64	372,59	7,341	7,046	23,894			
5	22,23	321,43	28,34	356	21,919	13,482	65,156			
6	20,97	313,86	43,24	376,54	7,896	7,734	24,076			
7	21,15	314,92	34,74	356	6,114	6,256	17,567			
8	21,16	314,97	43,91	377,55	6,662	6,64	18,757			
9	22,86	325,23	43,06	376,26	7,22	7,728	12,622			
10	20,74	312,47	42,98	376,13	4,798	5,524	7,567			
11	21,71	318,29	50,63	380,7	4,24	5,872	5,607			
12	22,23	321,45	49,9	380,53	5,003	6,028	7,556			
13	21,02	314,17	33,75	356	9,608	8,662	20,682			
14	21,44	316,68	46,85	379,81	4,497	5,852	7,086			
15	21,22	315,38	28,85	356	16,032	10,159	104,094			
16	22,68	324,13	44,05	377,76	5,403	6,689	8,686			
17	20,62	311,74	46	379,61	6,519	6,899	10,504			
18	21,1	314,65	30,19	356	9,208	6,956	53,624			
19	22,81	324,91	29,91	356	12,526	9,16	37,956			
20	22,83	325,06	27,27	351,76	26,634	14,681	212,016			
21	21,35	316,12	43,31	376,64	6,154	6,213	16,6			
22	21,38	316,33	29,51	356	10,195	7,371	65,017			
23	22,66	324,03	46,83	379,81	5,042	6,312	9,798			
24	22,73	324,45	45,56	379,51	5,228	7,606	10,189			
25	22,32	321,98	32,15	356	7,529	7,381	27,948			
26	22,88	325,34	40,68	372,66	9,507	9,341	33,029			
27	20,58	311,48	50,08	380,58	4,55	5,116	6,135			
28	20,64	311,84	26,76	348,69	14,162	9,227	109,744			
29	22,88	325,33	52,54	381,15	5,805	6,875	11,558			
30	21,84	319,09	53,51	381,38	5,236	6,125	9,851			
31	22,7	324,24	48,47	380,2	6,285	6,985	14,412			
32	20,75	312,5	33,77	356	12,191	11,115	24,997			
33	22,79	324,83	47,19	379,89	4,927	6,802	9,376			
34	22,77	324,68	52,59	381,17	5,879	6,844	8,237			
35	21,61	317,68	52,54	381,15	4,152	6,287	7,317			
36	21,22	315,37	43,16	376,41	5,463	5,714	13,218			
37	22,26	321,59	35,6	360,57	11,281	10,3	51,48			
38	22,14	320,89	53,98	381,49	4,252	6,438	7,116			
39	21,91	319,47	36,79	371	8,888	7,647	20,748			
40	21,79	318,76	46,91	379,83	5,305	5,88	11,509			
41	22,56	323,44	40,84	372,9	5,937	6,629	14,155			
42	21,57	317,45	51,06	380,8	6,773	7,698	10,015			
43	22,53	323,24	33,6	356	7,34	7,559	14,913			
44	20,77	312,66	35,63	360,82	5,609	6,534	13,15			
45	21,67	318,05	35,77	362,38	6,538	6,769	12,838			
46	21,86	319,17	40,6	372,52	5,408	6,866	9,14			
47	22,8	324,85	34,79	356	6,406	8,073	11,65			
48	22,15	320,96	37,57	371	10,297	9,193	41,468			
49	21,79	318,78	37,98	371	8,798	8,19	17,39			
50	22,47	322,87	45,96	379,6	4,946	6,765	9,588			
51	22,13	320,84	51,16	380,83	4,396	6,72	7,861			
52	21,14	314,84	47,35	379,93	5,466	5,848	11,966			
53	21,92	319,59	25,73	342,48	41,095	23,722	265,931			
54	21,7	318,24	32,86	356	9,159	8,091	21,119			

Numero	X valle m	Y valle m	X monte m	Y monte m	Fellenius	Bishop	Janbu	G.L.E.	Sarma	Spencer
55	21,71	318,28	49,47	380,43	5,803	6,617	8,835			
56	22,65	323,97	33,1	356	8,405	7,831	37,014			
57	21,26	315,58	50,56	380,69	4,245	5,327	7,632			
58	20,76	312,6	26,2	345,34	24,453	13,762	173,861			
59	21,75	318,54	44,63	378,64	4,885	6,133	9,142			
60	22,55	323,34	44,34	378,2	7,441	7,626	21,551			
61	22,58	323,53	30,59	356	9,026	8,359	20,934			
62	20,82	312,93	47,88	380,06	4,179	5,618	7,051			
63	21,44	316,68	52,17	381,07	4,146	5,417	7,265			
64	22,03	320,23	44,16	377,93	5,451	6,014	12,531			
65	22,89	325,38	49,34	380,4	4,713	6,86	8,621			
66	22,47	322,9	53,55	381,39	6,386	7,425	13,077			
67	21,45	316,72	48,17	380,12	4,343	5,832	7,988			
68	21,51	317,09	53,17	381,3	5,202	6,181	7,29			
69	21,59	317,59	49,86	380,52	4,637	5,607	6,796			
70	22,97	325,91	53,79	381,45	5,487	6,71	10,349			
71	22,23	321,45	33,24	356	14,033	12,432	64,636			
72	20,54	311,25	40,34	372,14	8,323	8,151	14,603			
73	22,26	321,63	53,44	381,37	4,339	5,905	7,421			
74	21,87	319,27	32,09	356	7,539	6,949	30,519			
75	21,98	319,9	43,27	376,58	5,13	6,653	8,603			
76	21,32	315,93	46,91	379,83	6,629	6,908	16,735			
77	22,01	320,1	39,08	371	5,766	6,737	13,517			
78	21,66	317,99	33,69	356	6,156	7,264	10,747			
79	20,96	313,76	44	377,68	8,55	8,474	25,613			
80	21,17	315,07	50,77	380,74	4,251	5,278	7,645			
81	20,74	312,47	47,68	380,01	4,66	5,307	6,996			
82	22,91	325,5	52,16	381,06	4,595	6,288	6,215			
83	22,51	323,11	30,63	356	8,865	8,307	19,656			
84	22,75	324,57	43,03	376,22	5,554	7,564	9,48			
85	20,68	312,08	38,4	371	6,32	5,919	19,859			
86	21,6	317,66	44,15	377,91	4,862	6,422	9,611			
87	21,14	314,87	52,04	381,04	6,374	7,27	9,21			
88	21,07	314,45	41,83	374,39	6,718	6,774	11,345			
89	22,03	320,2	46,81	379,8	4,72	6,354	7,821			
90	22,05	320,34	32,91	356	12,98	11,563	29,324			
91	21,67	318,05	31,34	356	9,551	7,729	24,12			
92	22,42	322,59	36,38	368,82	12,139	10,618	29,833			
93	21,49	317	41,84	374,41	6,09	6,14	16,696			
94	21,69	318,16	36,28	367,69	6,674	6,636	22,05			
95	21,24	315,49	44,8	378,89	7,47	7,659	12,298			
96	20,55	311,3	35,96	364,31	8,2	7,325	17,469			
97	20,82	312,93	45,44	379,48	5,101	5,487	7,817			
98	22,53	323,21	26,4	346,57	45,673	27,443	265,452			
99	21,82	318,97	46,38	379,7	5,193	5,891	7,565			
100	21,27	315,65	28,28	356	28,308	18,463	136,56			

Accelerazione sismica orizzontale (g):..... 0,083

Coefficiente beta.....: 0,5

Accelerazione sismica verticale (g):..... 0,041

Normativa di riferimento: NTC2008/2018: fronti di scavo