REGIONE LIGURIA

PROVINCIA LA SPEZIA

COMUNE DI BORGHETTO VARA

CAVA DI MARMO ROSSO DI CASSANA DENOMINATA "PESCINA"

VARIANTE AL PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE E RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Relazione geomineraria

DITTA RICHIEDENTE: LUCA MARMI Srls

I tecnici incaricati:

Dott. Geol. Guido CARIERI

Sommario

PREMESSA....3
1. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA ZONA....3
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO:....3
1.2 PROFILO GEOLITOLOGICO....3
1.3. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI....5
1.4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI....7
1.5 IL CARSISMO....9
1.6 ASSETTO STRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL POLO ESTRATTIVO....9
2. ANALISI DISTABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO....15
2.1. ANALISI DELLA STABILITA' CINEMATICHE:....15
2.2 ANALISI DI STABILITÀ AGLI STATI LIMITE ULTIMI (EX D.M. 17/01/2018, ART. 6.8.2)....20
3. CONCLUSIONI....24
ALLEGATI....24

PREMESSA

Su incarico della Ditta LUCA MARMI S.r.l.s, titolare della disponibilità delle aree di cava di marmo tipo Rosso di Cassana, denominata “Pescina” in Comune di Borghetto Vara, sono stati predisposti gli elaborati cartografico e descrittivi finalizzati all’ottenimento della variante al programma di coltivazione della cava di cui trattasi.

La presente relazione geomineraria è comprensiva di tutti gli elaborati geologici, in senso ampio, previsti dalle vigenti normative in materia di attività estrattive, difesa del suolo e delle acque .

In considerazione della tipologia ed incidenza sul territorio dell’intervento, delle condizioni attuali dei terreni l’indagine ha compreso:

- Ricognizione preliminare al fine di prendere visione dei luoghi e raccogliere la documentazione esistente, ivi compresa la ricerca bibliografica di articoli, pubblicazioni ed indagini geologiche concernenti l’areale interessato dalla cava ed le zone contermini.
- Accertamenti geologici di dettaglio del terreno.

1. CARATTERISTICHE GENERALI DELLA ZONA

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO:

Le coordinate geografiche del baricentro della cava, fornite nel sistema GAUSS-BOAGA sono le seguenti: 4894691 N , 1555920 E.

La cava di marmo rosso di Cassana denominata “PESCINA” è situata in località Faggiona del Comune di Borghetto Vara (SP) ed è ubicata a mezza costa sulla dorsale delimitata dai rii Ginepro e Faggiona ad una quota media s.l.m. di circa 265 m..

L’accesso alla cava avviene mediante strada carrabile che si diparte alla sinistra della strada Pignone-Casale-Borghetto Vara, con la quale si raggiunge direttamente il complesso estrattivo

1.2 PROFILO GEOLITOLOGICO

La cava risulta impostata a quota 265 metri s.l.m. in un versante a bassa pendenza, affacciato lungo un piccolo affluente (Canale Ginepro) del Rio di Cassana, lungo la strada provinciale di Pignone-Casale-Borghetto, poco prima della località Faggiona.

Le Formazioni geologiche presenti nel bacino del Magra possono essere riunite in diverse Unità tettoniche, cioè in gruppi di Formazioni che hanno avuto uguale comportamento tettonico, ed appartengono a diversi Domini paleogeografici, cioè a diverse zone di sedimentazione.

Procedendo da ovest verso est e schematizzando molto si incontrano: il Dominio Ligure interno (Unità del Bracco e Unità del M. Gottero), il Dominio Ligure esterno (Unità di Ottone – S. Stefano), il Dominio sub-ligure (Unità di Canetolo), il Domino Toscano esterno (Successione Toscana) ed il Domino Toscano interno ("Autoctono" apuano e Verrucano).Borghetto di Vara affiorano formazioni che fanno parte dell'Unità di M. Gottero: Argille a Palombini, gli scisti della Val Lavagna e soprattutto le Arenarie del M. Gottero.

La Successione toscana, composta da numerose formazioni, affiora prevalentemente in sponda orografica destra la formazione che affiora più estesamente è l'Arenaria Macigno, seguita dalla Scaglia rossa toscana. Nel primo caso si tratta di arenarie "torbiditiche" in strati anche molto potenti (spessi), che costituiscono appunto l'ossatura dell'Appennino tosco – emiliano nel tratto che ricade nel bacino del Magra, e dove si presentano con ottime esposizioni e con giacitura "a reggipoggio"; nel secondo caso si tratta di argilliti rosse, alternate a livelli calcarei e marnosi. In alcune "finestre" (T. Mommio, Val Gordana), affiora invece il nucleo calcareo mesozoico, presente anche nella porzione della bassa Val di Vara limitrofa al Golfo della Spezia.

La descrizione sopra fornita è molto sintetica e semplificata; in realtà, la situazione è molto più complessa, a causa della presenza di faglie dirette a notevole rigetto, originatesi durante il regime distensivo seguito alle fasi compressive che hanno portato le Unità dei vari Domini ad accavallarsi una sull'altra con movimento da ovest verso est; pertanto, in molti casi, Unità che si dovrebbero trovare al tetto dell'impilamento tettonico (ad es. le Unità liguri esterne) si ritrovano nelle porzioni più depresse delle valli, mentre il crinale dell'Appennino presenta all'affioramento formazioni di livello più basso nell'impilamento (Arenaria Macigno).

Più in dettaglio, nell'area compresa tra Cassana e Faggiona e riportata nella cartografia allegata si riconoscono:

- alluvioni del rio di Cassana;
- coperture eluvio-colluviali;
- Arenarie di M.te Gottero (Campaniano sup. – Paleocene inf.);
- Scaglia Toscana, con i Membri delle marne del Sugame ed il membro delle argilliti di Brolio (Creatceo inf.?- Oligocene inf.);

- Macigno (Oligocene sup.)

  L'area di cava risulta inserita nel membro delle marne del Sugame.

1.3. ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Il bacino del Magra confina: con il bacino del Po a settentrione (nel tratto compreso tra Cima Belfiore ed il M. Prato Pinello); con i bacini liguri del Graveglia – Entella e del Gromolo - Petronio verso ovest, (tra il M. Prato Pinello ed il M. S. Nicolao); con i bacini dello spezzino costiero (Cinque Terre e Golfo di La Spezia: da M. San Nicolao a Punta Bianca) verso SW; con il Mar Tirreno a meridione e con le Alpi Apuane; con i bacini dei T. Carrione (dal M. La Pizza al M. Spallone) e Frigido (tra il M. Spallone ed il M. Grondilice), seguite dall'Appennino Tosco Emiliano e dallo spartiacque col F. Serchio (tra il Grondilice e Cima Belfiore) verso est.

Il bacino idrografico del Magra assume una superficie di 1.698,5 Kmq ed un perimetro di 238,2 Km.

Si tratta di un bacino idrografico significativo in assoluto, ma soprattutto per l'arco tirrenico ligure - toscano nord - occidentale. In tempi geologicamente recenti il bacino del F. Magra ha subito un processo marcato di "ringiovanimento". Testimoni ne sono i depositi alluvionali terrazzati, che si rinvengono oggi, anche ad altezze notevoli sopra gli alvei attuali e, come si vedrà più avanti, i grandi accumuli di "paleofrane" e le deformazioni gravitative profonde di versante.

Si sottolineano almeno due elementi essenziali del paesaggio geografico – geomorfologico del bacino:

- il primo attiene alla fase d'evoluzione geomorfologica del sistema del Magra – Vara, che si suppone iniziata tra il Pliocene e il Pleistocene inferiore e caratterizzata da assai probabili componenti di tettonica rigida: è opinione concorde dei vari Autori, ben sostenuta dall'esame dello schema tettonico - strutturale della più ampia regione geologica alla quale il bacino appartiene, quella che attribuisce ai tratti alto e medio del Magra e del Vara, segnatamente dei loro solchi di corrivazione, un originario adattamento conseguente (forte dipendenza tettonica, in fase di tettonica compressiva a stile plicativo). I due alvei primordiali coincidono, infatti, con fasce assiali di sinformi sinclinali; per il Vara decisamente dirette SE-NW, per il Magra leggermente ruotate verso SSE-NNW. Peraltro, al di là delle direzioni oggi effettivamente osservabili - certamente frutto d'intense attività elaborative e di forme e

deformazioni sovrimposte - nel Pliocene Inferiore anche il paleo - Magra avrebbe avuto netta direzione SE-NW (G. Raggi, 1988). Le linee evolutive che si sarebbero instaurate in periodi successivi alla fase tettonica incidente sul primo impianto sembrano essere caratterizzate dall'assoluta prevalenza di un'ulteriore forte condizionamento tettonico da parte di una tettonica prevalentemente distensiva e di stile rigido a faglie organizzate in gradinate e in macro - forme ad Horst e Graben dissimmetrici; i Graben, infatti, avrebbero pareti occidentali più marcate, serrate e di gran rigetto – pur rapidamente riducentisi da SE a NW - e sponde orientali più dilatate, per l'effetto di fasci paralleli di faglie meno serrate e mediamente a minor rigetto. Gradinate, fosse e pilastri, con direzione sostanzialmente parallela agli assi delle pieghe, concordemente in direzione appenninica, appaiono a loro volta dislocate bruscamente da sistemi di faglie trasversali prevalentemente di effetto trascorrente. Di qui trarrebbero origine le direzioni dei due letti fluviali attuali, mentre aspetti non secondari della morfologia valliva deriverebbero, per un verso da condizioni connesse ai mutevoli rapporti tra quote del continente e livello del mare, per l'altro ai postumi recenti e attuali della fase tettonica distensiva.

- il secondo elemento si riferisce, invece, alla storia decisamente più recente assai probabilmente tardo - olocenica e attuale.

Per un verso, s'ipotizzano fenomeni di più antica cattura a spese delle porzioni più alte e interne, sia del Magra sia del Vara da parte del sistema padano trasversale del Taro - Ceno (prime catture nel Pliocene medio, ultime nel Pleistocene medio - superiore) e più complessi ancora fenomeni di cattura, combinata con deviazioni di motivazione tettoniche, che giustificherebbero l'ipotesi di un antico alto Magra, tutt'uno e unidirezionale col solco antico dell'attuale Serchio, il quale si sarebbe sganciato dalla parte media e terminale di questo paleo Magra - Serchio, per gettarsi con direzione trasversale nelle note conche lacustri plio - pleistoceniche (prime catture nel Pliocene superiore, ultime nel Pleistocene superiore). Similmente, si suggerisce l'immagine di un antico Vara defluente a mare alla Spezia fino alla fine del Pleistocene inferiore e solo successivamente portato ad approfondire solchi via via coerenti con l'attuale;

- per l'altro si osservano assai più recenti fenomeni di radicale rimodellamento dei solchi principali, connessi in origine al colmamento dei laghi e all'acquisizione di ambienti di penepiano, successivamente a presumibili fenomeni di ringiovanimento, contestualmente e anche a seguito della conquista di un definitivo e diretto sbocco al mare.

Ad un controllo a grande scala del tessuto idrografico, sia il Magra sia il Vara, offrono oggi un'immagine tipica di corsi d'acqua a significativo controllo tettonico, polifasico e vistosamente non determinato. E' evidentissima la compresenza di un pattern – presumibilmente secondario - di tipo angolare e talvolta rettangolare, che ben definisce tratti prolungati e fondamentali del Magra, del Vara e di parte degli affluenti di primo ordine, sia in destra sia in sinistra del Magra, e di pattern dendritici e subordinatamente subparalleli per gli affluenti di secondo ordine e superiore, sia di sinistra sia di destra, vuoi del Magra vuoi del Vara. Segni classici di indeterminatezza, che si osservano a carico di ampi settori di crinali e un valore elevato di densità del drenaggio (pur con differenze significative tra settore e settore), concorrono a confortare l'immagine di un bacino particolarmente lontano dal modello tendenziale di minima mobilità.

In merito alle interferenze e alle conseguenze d'ordine pratico connesse con le forme ereditate alla fine del pleistocene e con le fasi di evoluzione e deformazione successive e tuttora in corso, consideriamo l'oggettiva presenza lungo l'intero sviluppo del Magra e del Vara di vistose segmentazioni naturali caratterizzate, ora da improvvisi e angolatissimi cambi di direzione, ora da improvvisi e vasti allargamenti del fondovalle, cui si accompagnano morfologie sub - pianeggianti o dolcemente terrazzate anche su più ordini, ora dagli uni e dagli altri.

La cava denominata "Pescina" è impostata in un orizzonte appartenente alla Formazione della Scaglia Toscana, Membro delle Marne del Sugame, di età cretaceo sup.-oligocenica.

La Formazione è costituita principalmente da argilliti e siltiti verdastre che però verso l'alto possono contenere sedimenti marnosi e calcarenitici di colore biancastro, talvolta rosato o color vinaccia con rare selci rosse.

A monte della strada provinciale affiora a tetto la Formazione del Macigno, mentre verso NE, superato il Ginepro, affiora in contatto tettonico molto verticalizzato la Formazione delle Arenarie del Gottero.

1.4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico i terreni all'interno del bacino sono suddivisibili in quattro classi di permeabilità sulla base dei dati desunti dalla bibliografia:

- *permeabili per porosità*: sono state considerate tali tutte le zone interessate da depositi alluvionali, attuali, recenti o antichi, di terrazzo alluvionale, le coltri detritiche alluvionali e colluviali di una certa importanza.

- *permeabili per fessurazione, fratturazione o carsismo*: Vengono inserite in questa classe i calcari marnosi della formazione di Monte Antola, le arenarie appartenenti alla formazione di Monte Zatta, i litotipi prevalentemente arenacei della formazione della Val Lavagna, quelli più calcareo-marnosi della Scaglia Toscana ed il Macigno; si possono tuttavia riscontrare localmente aree discretamente a permeabilità molto bassa, là dove vi sia una preponderanza d'interstrati argillosi o dove le fratture sono state intasate da materiale d'alterazione argillificati nella zona di cappellaccio.

- *semipermeabili per fratturazione:* Appartengono a questa categoria i termini più argillitici della Formazione di M.te Zatta e della Scaglia Toscana.

- *impermeabili*: le zone impermeabili sono caratterizzate dalla presenza delle Argille a Palombini. Questi litotipi, a causa dell'elevata percentuale di minerali argillosi presenti, sono sostanzialmente impermeabili; possono tuttavia presentare localmente una certa permeabilità a causa dell'intensa fratturazione di origine tettonica e delle frequenti intercalazioni di altri litotipi sotto forma di lenti, che possono assumere la funzione di serbatoi; inoltre le variazioni nella granulometria possono determinare l'instaurarsi circoscritto di una falda idrica, seppure di modesta entità. Per questo motivo le sorgenti rinvenute negli affioramenti argilloscistosi sono generalmente localizzate lungo le fratture ed al contatto con formazioni più permeabili.

Per il sito in esame dal punto di vista idrogeologico si ritiene che il substrato roccioso, a prevalente componente marnoso calcarea, possa essere considerato permeabile per fratturazione e debolissimo carsismo; tuttavia, in relazione alle intense deformazioni plastiche e duttili subite durante l'evoluzione tettonica, è plausibile che, almeno nell'orizzonte superficiale, si possa instaurare una circolazione idrica secondo i rapporti geometrici esistenti tra le discontinuità, anche se non spinta e limitata in senso orizzontale.

I terreni sciolti costituenti la copertura superficiale nell'area di intervento, hanno composizione granulometrica limo-argillosa con una permeabilità piuttosto bassa per porosità nei primi 20-30 cm.

1.5 IL CARSISMO

Le rocce carbonatiche presenti nella zona sono state assoggettate a fenomeni carsici, sviluppantisi soprattutto nei termini più francamente carbonatici della successione della Scaglia Toscana.
Non si segnalano fenomeni carsici di alcun rilievo, superficiali od ipogei, nell'area di concessione.
Lungo il corso del Canale Ginepro, in sponda sinistra, si trova l'accesso alla piccola Grotta di Ginepro, censita con il numero d'ordine 66 al catasto speleologico ligure.
Questa grotta si trova diverse centinaia di metri al di fuori della concessione e non verrà in alcun modo influenzata dall'attività estrattiva, così come è stato anche in passato.

1.6 ASSETTO STRUTTURALE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL POLO ESTRATTIVO

Il progetto di sfruttamento estrattivo prevede la coltivazione della cava a gradoni e la successiva ricomposizione ambientale mediante risagomatura del versante utilizzando i materiali previsti nel progetto autorizzato
Successivamente alla presentazione della documentazione a corredo della istanza di rinnovo dell'autorizzazione (D.G.R. 7 del 14 gennaio 2005) i lavori di coltivazione si sono svolti in maniera non continuativa, e lo stato dei luoghi rispecchia fedelmente la situazione riportata nella tavola di stato di fatto del progetto di variante.
Sono infatti stati eseguiti esclusivamente alcuni tagli della bancata marmorea posta a monte ed a valle della pista di servizio che corona il piazzale di cava a quota 263 m.l.m.m.
Dal punto di vista strutturale l'ammasso roccioso presenta un assetto relativamente semplice a scala locale, dove è evidente la giacitura sub-orizzontale della stratificazione dei potenti banchi marmorei che localmente rappresentano i litotipi afferenti il membro delle "marne del Sugame" (ST01 legenda CARG. F. 233 – Pontremoli, sc. 1: 50.000; vd. Carta Geologica allegata Tav. 01 – sc. 1: 10.000).
In corrispondenza dei limitati tratti del fronte esposto lo scrivente ha realizzato un rilievo geomeccanico di dettaglio delle principali famiglie di discontinuità strutturali interessanti localmente l'ammasso roccioso.

Il rilievo è stato organizzato in n. 4 aree di rilevamento strutturale (ARS), adottando lo standard di rilevazione dei dati relativi ai parametri geomeccanici dell'ammasso secondo la norma ISMR del 1981.
Ai valori di giacitura delle principali famiglie di discontinuità (stratificazione, faglie, giunti di discontinuità) è seguita la caratterizzazione fisica delle superfici delle stesse (Euro Codice 7 Progettazione geotecnica § 3.3.8).

L'esecuzione del rilievo geomeccanico di dettaglio comporta la stima di una serie di parametri la cui valutazione/misurazione consente:
- l'attribuzione di un indice di qualità dell'ammasso roccioso;
- la valutazione speditiva delle proprietà fisiche e meccaniche dell'ammasso roccioso:
- la verifica della possibilità cinematica di movimento in riferimento a fenomeni di instabilità coinvolgenti le singole porzioni di ammasso roccioso, isolate dalle famiglie di giunti di discontinuità identificate.
I parametri descritti/misurati alla scala dell'affioramento riguardano:
- caratteristiche dell'ammasso roccioso (litologia, grado di alterazione, resistenza delle pareti delle
discontinuità);
- caratteristiche delle discontinuità (tipo, orientazione, rugosità, apertura);
- caratteristiche del riempimento (se presente);
- caratteristiche dell'ammasso roccioso (inteso come insieme materiale roccia/discontinuità);
- valutazione numero di famiglie di discontinuità e della loro spaziatura e persistenza;
- dimensioni e forma dei blocchi isolati dalle famiglie di discontinuità;
- circolazione idrica (se presente).
La presenza di discontinuità organizzate in famiglie principali e ricorrenti concorre a ridurre le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso ed è il fattore che condiziona più pesantemente il comportamento meccanico dello stesso (resistenza a rottura, taglio e deformabilità). Le caratteristiche geometriche e di conservazione delle superfici di discontinuità condizionano l'innesco dei diversi tipi di cinematismo lungo i fronti di scavo di progetto.
Pertanto, nel corso delle attività di rilevamento in corrispondenza dei singoli ARS si sono acquisiti i profili di rugosità delle discontinuità mediante profilografo tipo "pettine di Barton",

calcolando il valore del parametro JRC (Joint Roughness Coefficient) attraverso tabelle di confronto riportanti i profili di riferimento.

Il valore della resistenza a compressione monoassiale in corrispondenza delle superfici sane ed alterate dei giunti di discontinuità è stato rilevato mediante sclerometro da rocce (martello di Schmidt).

I piani di discontinuità individuati sono stati rappresentati graficamente mediante l'utilizzo di proiezioni stereografiche.

Plottando i poli di tutte le superfici considerate si sono identificate aree a maggior densità di concentrazione dei poli i cui baricentri rappresentano la giacitura media di ogni singola famiglia di discontinuità principale.

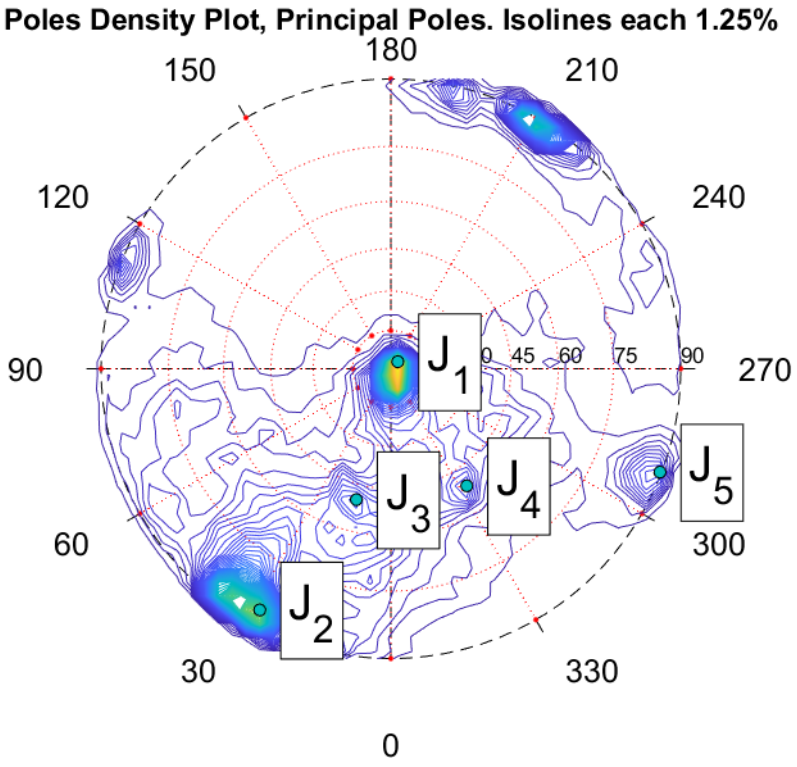
L'analisi statistica da plottaggio ha condotto all'individuazione di n. 4 famiglie di giunti di discontinuità principali rappresentative dell'intera popolazione di discontinuità rilevate in campagna.

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione	Inclinazione	Densità_poli	%	Spaziatura (cm)
J1	224.4	3.9	7.8115	17.43	180
J2	28.52	86.9	5.3187	44.61	35
J3	14.78	50.08	1.3003	17.58	100
J4	327. 07	51.42	1.1138	11. 52	45
J5	291	89.67	1.0492	9.12	85

Il valore della percentuale identifica il n. di punti assegnati a ciascuna famiglia principale diviso il n. di punti totale su cui è stata eseguita l'analisi



L'orientazione del fronte principale nella condizione attuale assume una giacitura indicativamente ricompresa tra 0 e 5/80°N

Nel seguito si riportano i risultati dei differenti sistemi di classificazione dell'ammasso roccioso svolte:

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	75.00	7
RQD (%)	0	17
Spaziatura (m)	0.08	13
Condizioni dei giunti		25
Venute d'acqua	Nessuna	15

Risultati:

RMR di base	77
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	77
Classe ammasso roccioso	CLASSE II
qualità ammasso roccioso	BUONA

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 57

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 45

Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE
Classe ammasso roccioso	CLASSE III

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 36

Qualità ammasso roccioso	SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 52

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.2595	0.0241	1	0.0003	0.000001

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

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

Parametri equivalenti stimati da quelli di Hoek-Brown (Soluzione di Palmer)

cp	cr	fp	fr
0.236 MPa	0.024 MPa	47.8°	28.5°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

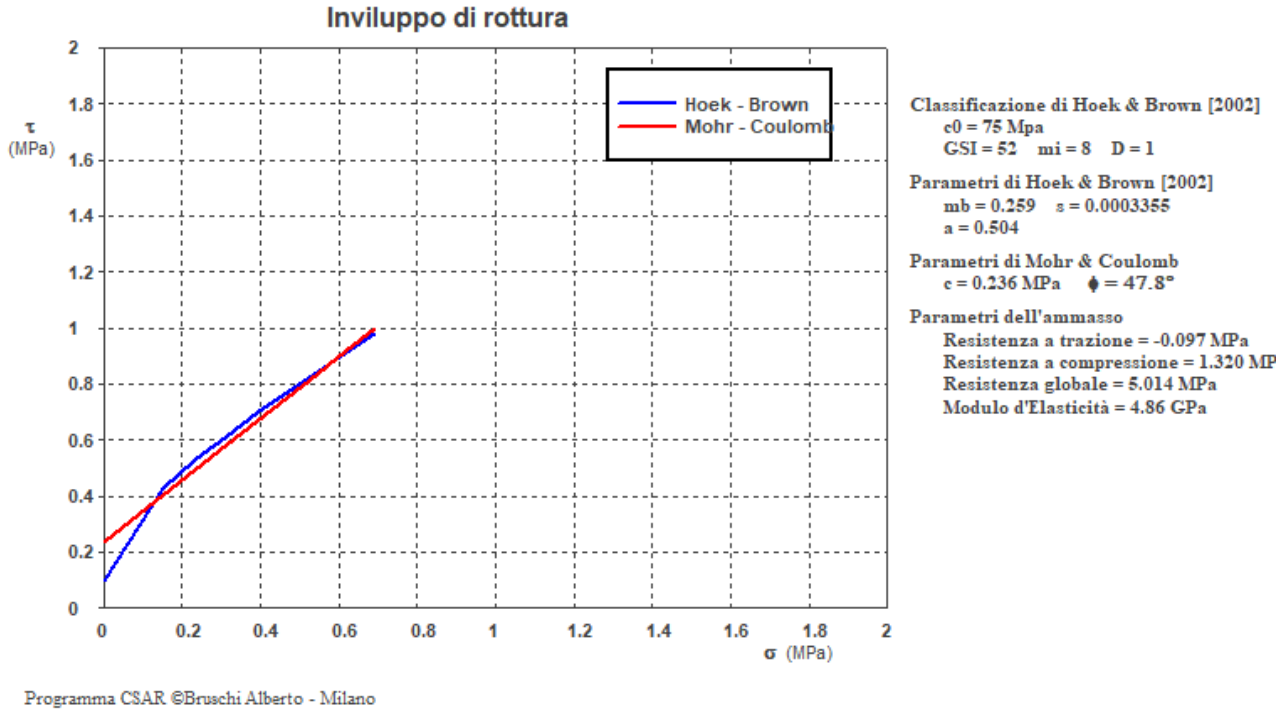
cp	cr	fp	fr
0.260 MPa	0.208 MPa	31.0°	25.8°

cp = coesione di picco dell'ammasso
cr = coesione residua dell'ammasso
fp = angolo d'attrito di picco dell'ammasso
fr = angolo d'attrito residuo dell'ammasso

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
4.86	2.67	11.64	8.30

Ed_p = Modulo di deformabilità di picco dalla relazione di Serafim-Pereira
Ed_r = Modulo di deformabilità residuo dalla relazione di Serafim-Pereira
Ed_1 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Berardi-Bellingeri
Ed_2 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Iasarevic-Kovacevic per serie carbonatiche



Programma CSAR ©Bruschi Alberto - Milano

2. ANALISI DISTABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

2.1. ANALISI DELLA STABILITA' CINEMATICHE:

Le analisi di stabilità svolte in ottemperanza di quanto disposto dal DM 17012018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e Circ. 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui al DM 17/01/2018", riguardano la fase di massimo scavo e di riqualificazione ambientale del sito estrattivo, così come previsto dal progetto di variante rispetto al programma dei lavori autorizzato (D.G.R. 7 del 14 gennaio 2005, rinnovo dell'autorizzazione con variante in ampliamento della cava). L'analisi dei cinematismi possibili all'interno dell'ammasso roccioso è stata eseguita con il test di Matheson.

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

- Scivolamento planare:

-Si deve avere parallelismo tra direzione di movimento e pendio entro ± 20°;

-L'inclinazione del piano deve essere minore dell'inclinazione del pendio;

-L'inclinazione del piano deve essere superiore all'angolo d'attrito del piano.

- Scivolamento a cuneo:

-L'inclinazione della retta di intersezione dei piani deve essere superiore all'angolo d'attrito;

-La retta di intersezione deve affiorare sul versante.

Nel seguito una sintesi delle analisi di stabilità relative ai cinematismi attivi: scivolamenti planari, a cuneo e per toppling:

Scivolamento planare famiglia J3 (14,78/50,08)

PROIEZIONE STEREOGRAFICA

TEST DI MATHESON

Cinematismo Piano

1 = 224°/4°

2 = 29°/87°

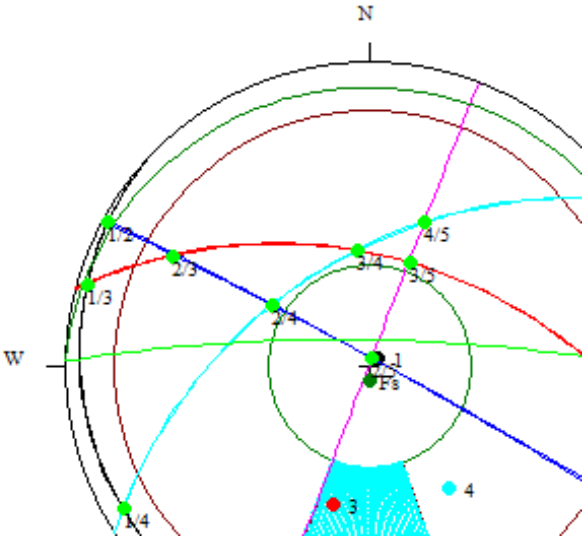
3 = 15°/50°

4 = 327°/51°

5 = 291°/90°

F = 1°/80°

Fs = 1°/5°

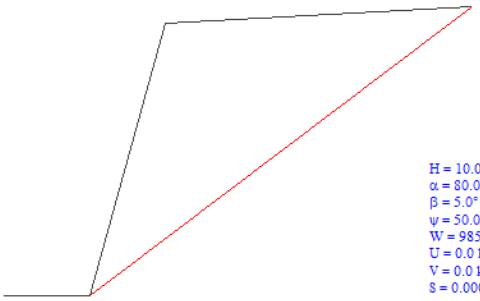


Criterio di rottura Barton

Verifica di stabilità per scivolamento planare

Parametri:

γ: 28.0 kN/mc
JCS: 76.4 MPa
JRC: 8.0
ϕ: 37.0°



H = 10.0 m.
α = 80.0°
β = 5.0°
ψ = 50.0°
W = 985.9 kN
U = 0.0 kN
V = 0.0 kN
S = 0.000 g

Fs = 1.632

Programma CSAR ©Bruschi Alberto - Milano

Scivolamento a cuneo

PROIEZIONE STEREOGRAFICA

TEST DI MATHESON

Cinematismo su Cunei

1 = 224°/4°

2 = 29°/87°

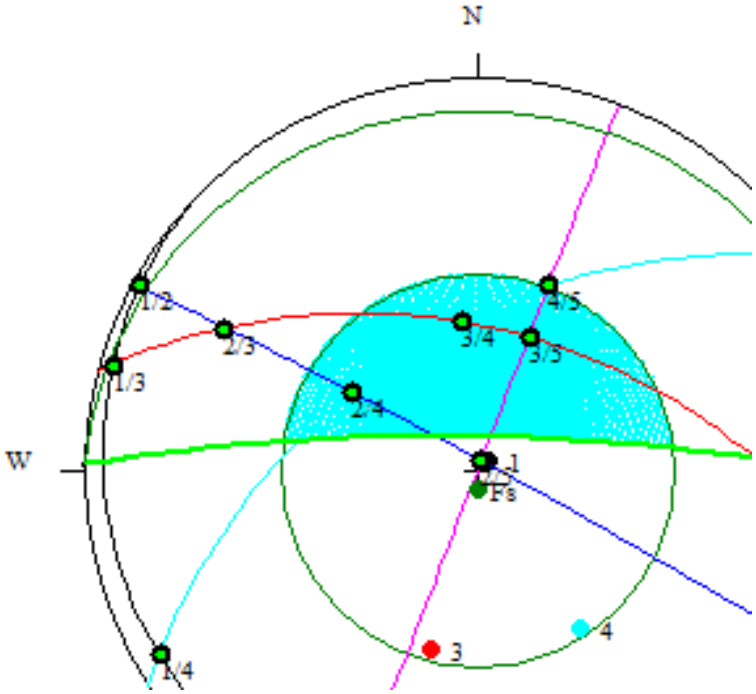
3 = 15°/50°

4 = 327°/51°

5 = 291°/90°

F = 1°/80°

Fs = 1°/5°



Il test di Mathewson ha permesso di individuare diversi cinematismi attivi a “cuneo” in corrispondenza della giacitura del fronte di scavo 1/80°, escludendo contestualmente la presenza dei medesimi lungo le restanti porzioni del fronte di scavo di progetto.

Le coppie di famiglie di discontinuità la cui retta d’intersezione ha inclinazione superiore all’angolo d’attrito interno dell’ammasso roccioso ed affiora lungo il versante sono le seguenti:

Cuneo famm. J2-J4

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

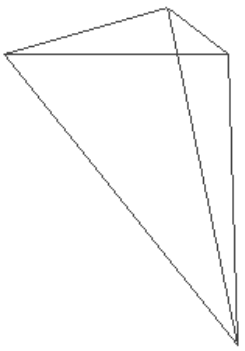
γ: 27.0 kN/mc

Piano	A	B
JCS:	75.1	75.6
JRC:	8.0	10.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 29.0°/87.0°
B: 327.0°/51.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 302.4°/48.3°



Criterio di rottura di Barton

H
W
U
U
U
S

Coefficiente di Sicurezza = 2.225

Cuneo famm. J3-JJ4

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

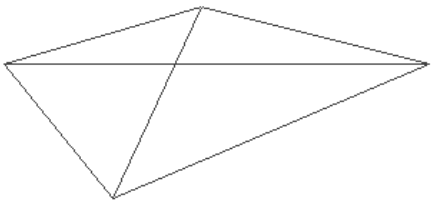
γ: 27.0 kN/mc

Piano	A	B
JCS:	75.1	75.6
JRC:	8.0	10.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 15.0°/50.0°
B: 327.0°/51.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 353.3°/47.9°



H
W
U
U
U
S

Criterio di rottura di Barton

Coefficiente di Sicurezza = 2.217

Cuneo famm. J3-JJ5

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

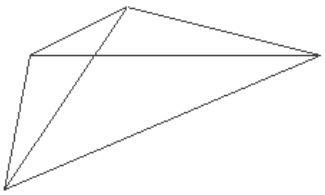
γ: 27.0 kN/mc

Piano	A	B
JCS:	75.1	75.1
JRC:	8.0	8.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 15.0°/50.0°
B: 291.0°/90.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 21.0°/49.8°



H
W
U
U
U
S

Criterio di rottura di Barton

Coefficiente di Sicurezza = 1.745

Cuneo famm. J4-JJ5

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

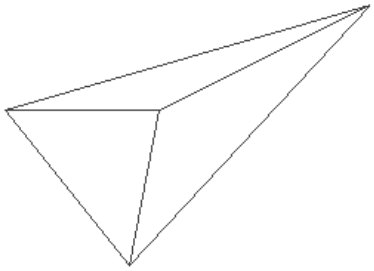
γ: 27.0 kN/mc

Piano	A	B
JCS:	75.6	75.1
JRC:	10.0	8.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 327.0°/51.0°
B: 291.0°/90.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 21.0°/36.0°



H
W
U
U
U
S

Criterio di rottura di Barton

Coefficiente di Sicurezza = 6.581

Analisi per block toppling

PROIEZIONE STEREOGRAFICA

TEST DI MATHESON

Cinematismo per Ribaltamento

1 = 224°/4°

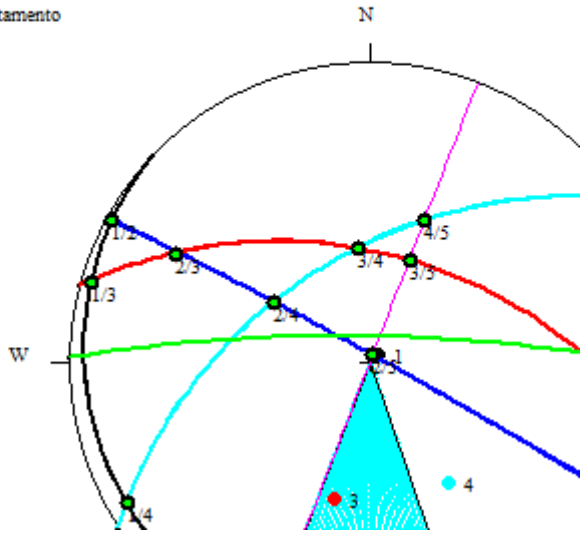
2 = 29°/87°

3 = 15°/50°

4 = 327°/51°

5 = 291°/90°

F = 1°/80°



Si è individuato un unico scivolamento per ribaltamento potenziale lungo la base del gradone di progetto indotto dalla famiglia J3. L'analisi di stabilità ha restituito un fattore di sicurezza pari a 2,145 nelle condizioni d'analisi.

2.2 ANALISI DI STABILITÀ AGLI STATI LIMITE ULTIMI (EX D.M. 17/01/2018, ART. 6.8.2)

Le analisi di stabilità agli stati limite si sono avvalse dell'utilizzo del software di calcolo "Slope" della ditta Geostru, analizzando i fronti in roccia (di fine scavo) e delle opere di riqualificazione paesaggistica del polo estrattivo a fine ciclo.

Le analisi di stabilità nelle condizioni attuali del polo estrattivo sono omesse dalla presente in ragione dell'assenza di un fronte di scavo aperto vero e proprio. Si rammenta che allo stato odierno le fasi di scavo previste dal progetto approvato, risultano interessare la scarpata ricompresa tra la pista di arroccamento a monte ed il piazzale sottostante, con un dislivello totale di circa 6 m. (quota pista antistante le baracche di cantiere 270 m.; quota piazzale impianti di taglio 264,5 m. l.m.m.).

Le analisi sono svolte lungo le sezioni di progetto in variante n. 4 (sezione monte valle) e n. 1 (sezione trasversale W-E).

Le analisi assumono cautelativamente i valori dei principali parametri geomeccanici e geotecnici riferiti alla formazione delle marne del Sugame, desunte dalla classificazione di qualità dell'ammasso roccioso di BIENIAWSKI [RMR], 1989.

Per quanto attiene le opere di riqualificazione ambientale le analisi di stabilità tipo SLV si assumono parametri geotecnici di resistenza a taglio e peso di volume riconducibili a tout-venant e terre e rocce da scavo:

angolo d'attrito interno efficace ϕ = 30°

coesione efficace c = 3 kPa

peso di volume drenato γ = 19 kN/m^3

peso di volume saturo γ = 19 kN/m^3

In considerazione della particolare conformazione morfologica dei luoghi, della bassa permeabilità per fratturazione, dell'assenza di falde nei livelli interessati dagli scavi, si assume un valore nullo della pressione neutra lungo le superfici di discontinuità dell'ammasso roccioso.

a) <u>Stabilità dei versanti naturali:</u>

Nella zona di cava e nell'immediato intorno non esistono frane, paleofrane per cui, anche in considerazione delle condizioni geologiche di affioramento, delle buone caratteristiche

meccaniche dei terreni e delle condizioni di conservazione delle rocce, è possibile affermare che le pendici in questione sono attualmente stabili.

b) <u>Stabilità dei fronti di scavo:</u>

Come sopra riportato le condizioni d'equilibrio sono buone e rimarranno tali anche a seguito dei lavori di coltivazione, sia durante le fasi di scavo che al termine, sempre che siano rispettate le condizioni previste dal progetto di variante in questione e gli scavi condotti con cautela e in sicurezza.

c) <u>Stabilità degli interventi di riqualificazione ambientale:</u>

Le analisi di stabilità dei fronti al termine degli interventi di riqualificazione ambientale sono state riferite alle zone ove si prevede il riporto di materiale detritico a mascheramento del fronte residuo di coltivazione.

<u>Elaborazioni numeriche:</u>

Gli algoritmi di calcolo impiegati nelle analisi di stabilità si differenziano in base alla differente tipologia di terreni costituenti i fronti di scavo e le opere di riqualificazione:

<u>"Fronti in roccia" –</u>

Pendii in roccia (***Metodo di Hoeck e Bray)***

Per i versanti in roccia, diversamente da quelli in terra, il criterio di rottura di Mohr-Coulomb non può essere impiegato per definire la resistenza del materiale; tuttavia con questo metodo viene descritta una procedura che consente l'applicazione dei metodi classici dell'Equilibrio Limite anche nei versanti rocciosi. A tale scopo vengono definiti l'angolo di resistenza a taglio e la coesione che si mobilitano lungo la superficie di scorrimento secondo le seguenti espressioni:

$$tg\varphi = AB\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B-1}$$

$$c = A\sigma_c\left(\frac{N}{\sigma_c} - T\right)^{B} - Ntg\varphi$$

dove:

σ_C è la resistenza a compressione monassiale della roccia;

A, B, T costanti in funzione del litotipo e della qualità della roccia *(riportati in tabella);*

N sforzo normale alla base del concio.

Le costanti A, B e T sono determinate in funzione della classificazione della roccia secondo Bieniawski (indice RMR) e secondo Barton (indice Q). Tra i due sistemi di classificazione, sulla base di 111 esempi analizzati, è stata trovata la seguente correlazione:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

	Calcari Dolomie Marne	Argilliti Siltiti Scisti	Areniti Quarziti	Andesiti Basalti Rioliti	Anfiboliti Gneiss Graniti
RMR =100	A = 0.816	A = 0.918	A = 1.044	A = 1.086	A = 1.220
Q = 500	B = 0.658	B = 0.677	B = 0.692	B = 0.696	B = 0.705
	T = -0.140	T = -0.099	T = -0.067	T = -0.059	T = -0.040
RMR = 85	A = 0.651	A = 0.739	A = 0.848	A = 0.883	A = 0.998
Q = 100	B = 0.679	B = 0.692	B = 0.702	B = 0.705	B = 0.712
	T = -0.028	T = -0.020	T = -0.013	T = -0.012	T = -0.008
RMR = 65	A = 0.369	A = 0.427	A = 0.501	A = 0.525	A = 0.603
Q = 10	B = 0.669	B = 0.683	B = 0.695	B = 0.698	B = 0.707
	T = -0.006	T = -0.004	T = -0.003	T = -0.002	T = -0.002
RMR = 44	A = 0.198	A = 0.234	A = 0.280	A = 0.295	A = 0.346
Q = 1	B = 0.662	B = 0.675	B = 0.688	B = 0.691	B = 0.700
	T = -0.0007	T = -0.0005	T = -0.0003	T = -0.003	T = -0.0002
RMR = 3	A = 0.115	A = 0.129	A = 0.162	A = 0.172	A = 0.203
Q = 0.1	B = 0.646	B = 0.655	B = 0.672	B = 0.676	B = 0.686
	T = -0.0002	T = -0.0002	T = -0.0001	T = -0.0001	T = -0.0001
RMR = 3	A = 0.042	A = 0.050	A = 0.061	A = 0.065	A = 0.078
Q = 0.01	B = 0.534	B = 0.539	B = 0.546	B = 0.548	B = 0.556
	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0	T = 0

I valori delle variabili A, B e T da attribuirsi al substrato roccioso marnoso sono calcolati per interpolazione lineare tra i valori di RMR inferiore e superiore presenti in tabella, rispetto al valore reale di RMR desunto dalla classificazione di Bieniawsky (RMR corretto = 77).

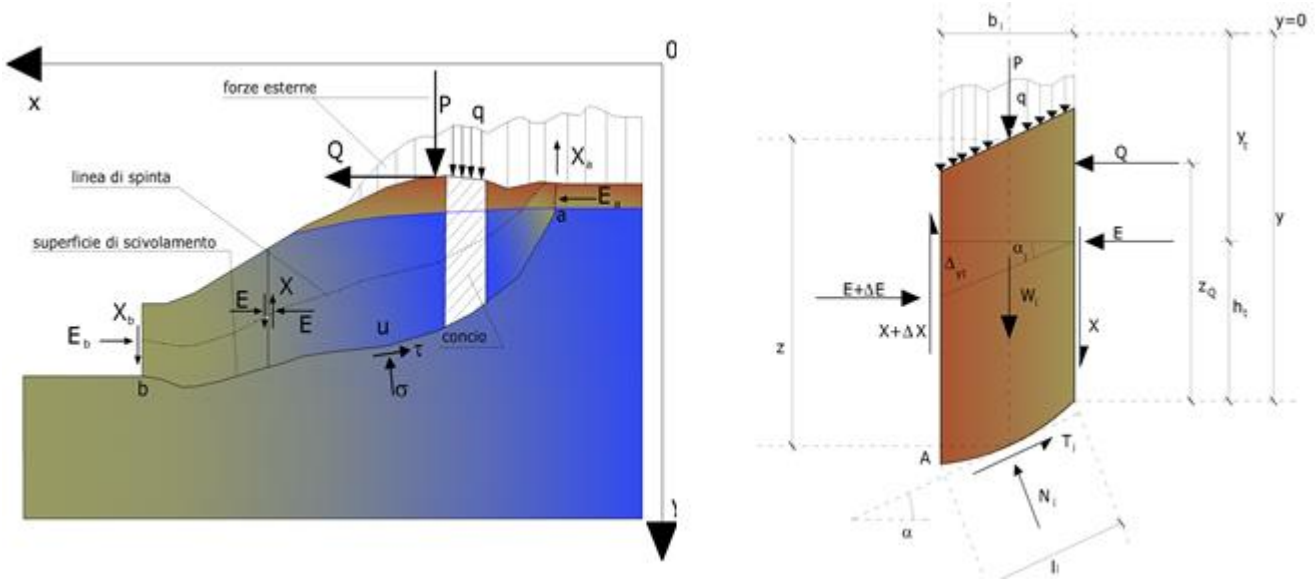
Pendii in terre

Algoritmo di calcolo proposto da Janbu (1967)

Si tratta di un estensione del metodo proposto da Bishop per superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

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



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Risultati di sintesi delle analisi agli stati limite lungo le sezioni di progetto maggiormente onerose

Le analisi sono suddivise per fasi di lavoro: rispettivamente “fondo scavo” (prospetti Nord, Sud ed Ovest) ed “avvenuta riqualificazione ambientale” (fronte di cava orientato ad ovest). Nel seguito si riassumono gli esiti delle analisi di stabilità tipo SLC, condotte lungo le sezioni di progetto n. 1 e 4, delle profilature di progetto in roccia e del riempimento in terre e rocce da scavo:

<u>Sezione n. 1 di progetto – fondo scavo - fronte ovest – Stato limite di collasso (SLC)</u>

Coefficiente di azione sismica orizzontale Ko = 0.057

Coefficiente di azione sismica verticale Kv = 0.028

Fs = 4,428 – combinazione di calcolo A2+M2+R2

<u>Sezione n. 1 di progetto – fondo scavo - fronte est – Stato limite di collasso (SLC)</u>

Coefficiente di azione sismica orizzontale Ko = 0.057

Coefficiente di azione sismica verticale Kv = 0.028

Fs = 4,71 – combinazione di calcolo A2+M2+R2

Sezione n. 4 di progetto – fondo scavo - fronte sud – Stato limite di collasso (SLC)

Coefficiente di azione sismica orizzontale Ko = 0.057

Coefficiente di azione sismica verticale Kv = 0.028

Fs = 3,84 – combinazione di calcolo A2+M2+R2

Sezione n. 1 di progetto – riempimento di riqualificazione ambientale - fronte sud – Stato limite di collasso (SLC)

Coefficiente di azione sismica orizzontale Ko = 0.057

Coefficiente di azione sismica verticale Kv = 0.028

Fs = 1,19 – combinazione di calcolo A2+M2+R2

3. CONCLUSIONI

In conclusione il nuovo progetto di coltivazione della cava “PESCINA”, così come predisposto, consente la ripresa dell’attività, da vario tempo sospesa, mediante un ampliamento della cava in aree prevalentemente già interessate da passate escavazioni, consentendo ad un tempo un recupero del sito sicuro sotto il profilo statico, efficace sotto il profilo paesaggistico ed economicamente sostenibile per l’impresa.

Il nuovo progetto consentirà, inoltre, la corretta regimazione delle acque di deflusso superficiale così come meglio rappresentato dalla perizia idraulica allegata al progetto.

ALLEGATI

Relazione di inquadramento sismico del polo estrattivo

Classificazione dell’ammasso roccioso ed analisi cinematismi attivi

Analisi di stabilità tipo SLC lungo i fronti di scavo ed opere di riqualificazione ambientale

Tav. 1 Geo – Carta geologica

Tav. 2 Geo – Sezioni geologiche

Boissano, agosto 2022



Studio di Geologia Tecnica **dott. Guido Carieri** **C.FISC: CRRGDU68A04D969R** **P.IVA: 01211680093**	**Via: via dei Gerani, 13** **17054 Boissano - SV** **Tel: - 3481520670** **Fax:** **Email: studiocarieri@gmail.com** **Web: www.carieri.com**

	Data: maggio 2022
	Il committente : Luca Marmi Srl
	IL Tecnico
	Il Progettista **dott. Marco Rossi** **dott. Guido Carieri**

Pericolosità sismica di base

PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:
$\mathbf{V_R}$ = periodo di riferimento
$\mathbf{V_N}$ = vita nominale
$\mathbf{C_U}$ = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N, secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

Nel caso specifico $\mathbf{V_N = 50}$ **anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

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. $C_U = 1.0$;

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. $C_U = 1.5$;

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 DM 5/11/2001, 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. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $\mathbf{C_U = 1}$.

Ricavati i valori di V_N e C_U, è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R, che qui vale:
$\mathbf{V_R = 50 * 1 = 50}$ **anni**.

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **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:

- **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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza 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.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di $\mathbf{a_g}$ prefissata ($\mathbf{a_g}$ = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\boldsymbol{\lambda} = 1/T_R$ ($\mathbf{T_R}$ = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- *Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento* V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$\mathbf{P_{VR} = 81\%}$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$\mathbf{P_{VR} = 63\%}$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$\mathbf{P_{VR} = 10\%}$

Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**P_{VR} = 5%**

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **V_R = 50 anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- *Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR*

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	**T_R = 30**
Stato limite di esercizio: danno	SLD	**T_R = 50**
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	**T_R = 475**
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	**T_R = 975**

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV http://esse1-gis.mi.ingv.it/, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;
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.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e **T_C^*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- *Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.*

			T_R = 30			**T_R = 50**			**T_R = 72**			**T_R = 101**		
ID	**LON**	**LAT**	**a_g**	**F_0**	**T^*_c**	**a_g**	**F_0**	**T^*_c**	**a_g**	**F_0**	**T^*_c**	**a_g**	**F_0**	**T^*_c**
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240

13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale *p* è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale *p* è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.

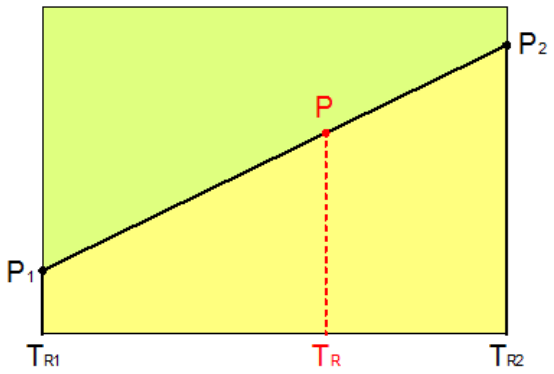


Figura 4.1 - *Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica,in accordo alla procedura delle NTC08.*

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

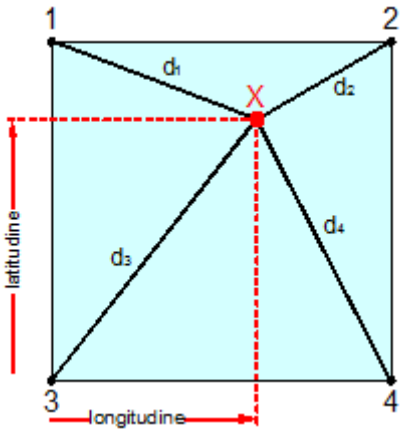


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos\left[\sin(lat\beta)\cdot\sin(lat\alpha) + \cos(lat\beta)\cdot\cos(lat\alpha)\cdot\cos(lon\alpha - lon\beta)\right] \quad (4.3)$$

dove R = 6371 è il raggio medio terrestre in km, mentre latα, lonα, latβ e lonβ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di ±0,01g ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

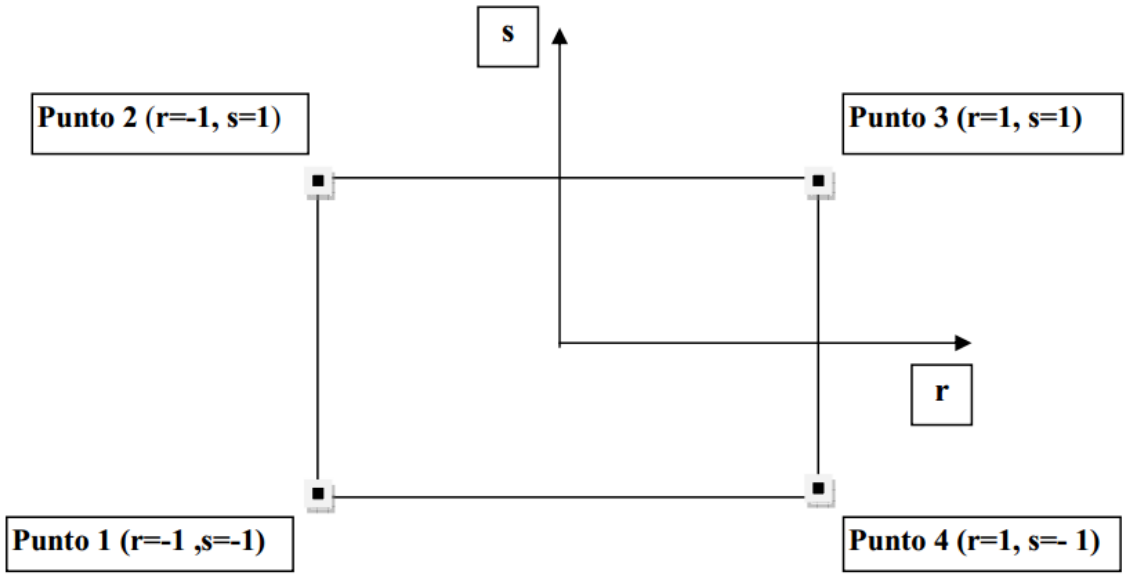


Figura 4.3 - *Applicazione dell'interpolazione bilineare.*

Definiti i 4vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1 - r)\cdot(1 - s)/4 \quad (4.4)$$
$$h_2 = (1 - r)\cdot(1 + s)/4 \quad (4.5)$$
$$h_3 = (1 + r)\cdot(1 + s)/4 \quad (4.6)$$
$$h_4 = (1 + r)\cdot(1 - s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x, y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot x_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot x_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot x_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot x_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot y_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot y_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot y_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot y_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g, F_0, T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^{4} h_i \cdot p_i = [(1-r)\cdot(1-s)\cdot p_1 + (1-r)\cdot(1+s)\cdot p_2 + (1+r)\cdot(1+s)\cdot p_3 + (1+r)\cdot(1-s)\cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove *p* rappresenta il parametro cercato.

Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

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

I valori di β_S sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- *Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.*

	Categoria di sottosuolo	
	A	**B, C, D, E**
	β_s	**β_s**
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

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

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq Ss \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g. S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $S_T = 1.0$; **T2**: $S_T = 1.20$; **T3:** $S_T = 1.20$; **T4:** $S_T = 1.40$.

Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_V = k_V \cdot W$$

con k_h e k_V rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)
$\beta s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_V sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

β_m = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

β_m = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

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

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica Ss e di amplificazione topografica S_T.
a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:
g è l'accelerazione di gravità;
k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva **H** della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

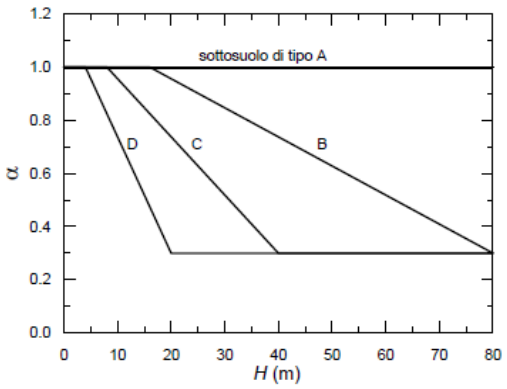


Figura 5.1 - *Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α.*

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente Vs.Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.
Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$
Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$

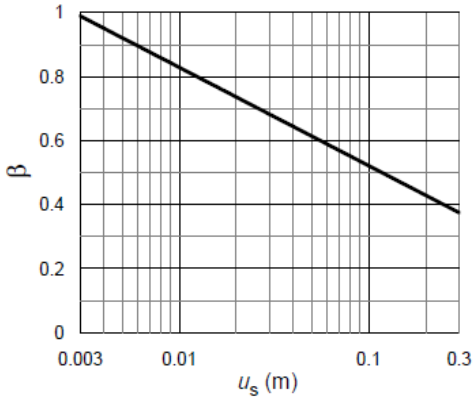


Figura 5.2 - *Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β.*

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Data: 04/05/2020



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso (Cu): 1
Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto
Latitudine (WGS84): 44.2032204 [°]
Longitudine (WGS84): 9.6998262 [°]
Latitudine (ED50): 44.2041817 [°]
Longitudine (ED50): 9.7008505 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	17816	44.222650	9.653347	4307.01
2	17817	44.224890	9.722974	2900.05
3	18039	44.174940	9.726088	3823.90
4	18038	44.172700	9.656504	4975.71

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.040	2.521	0.215
SLD	50	0.051	2.496	0.243
	72	0.058	2.523	0.256
	101	0.067	2.515	0.266
	140	0.076	2.519	0.272
	201	0.088	2.472	0.279
SLV	475	0.126	2.394	0.288
SLC	975	0.162	2.378	0.296
	2475	0.218	2.387	0.310

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.043	2.484	0.227
SLD	50	0.054	2.492	0.245
	72	0.063	2.505	0.259
	101	0.072	2.493	0.266
	140	0.082	2.506	0.273
	201	0.096	2.458	0.279
SLV	475	0.133	2.426	0.289

SLC	975	0.173	2.367	0.297
	2475	0.230	2.379	0.314

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.040	2.531	0.223
SLD	50	0.050	2.507	0.243
	72	0.058	2.533	0.257
	101	0.066	2.529	0.267
	140	0.075	2.529	0.273
	201	0.086	2.501	0.280
SLV	475	0.124	2.396	0.289
SLC	975	0.160	2.380	0.297
	2475	0.215	2.385	0.310

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.038	2.531	0.212
SLD	50	0.047	2.509	0.241
	72	0.054	2.538	0.252
	101	0.061	2.561	0.266
	140	0.069	2.541	0.274
	201	0.079	2.557	0.280
SLV	475	0.116	2.396	0.289
SLC	975	0.151	2.389	0.294
	2475	0.204	2.380	0.308

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.041	2.513	0.221
SLD	50	0.051	2.500	0.243
SLV	475	0.126	2.406	0.289
SLC	975	0.163	2.377	0.296

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1.000
Categoria sottosuolo: A
Categoria topografica:
T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

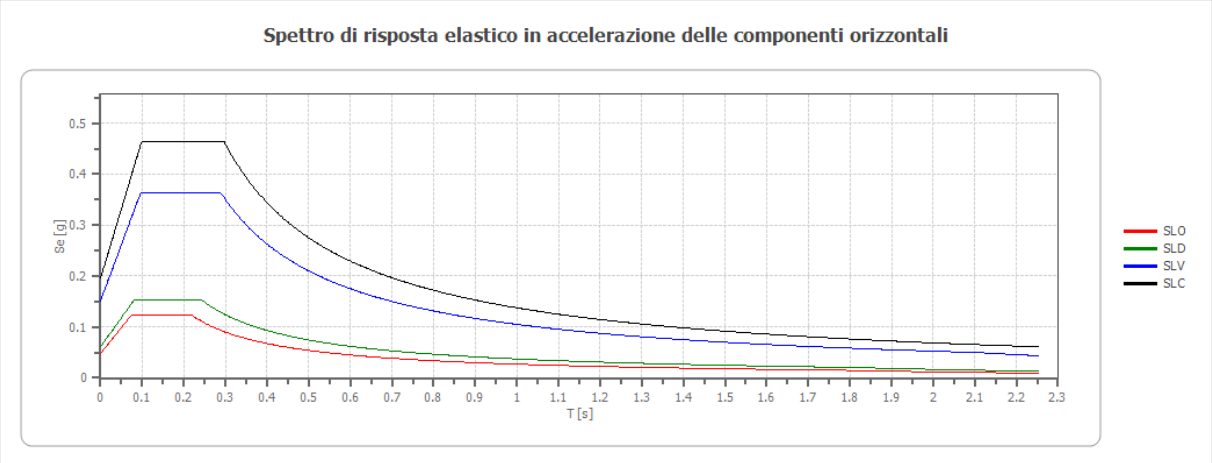
Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.012	0.041	0.053
kv	0.005	0.006	0.020	0.026
amax [m/s²]	0.477	0.601	1.482	1.916
Beta	0.200	0.200	0.270	0.270

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.029	0.057	--
kv	--	0.014	0.029	--
amax [m/s²]	0.477	0.601	1.482	1.916
Beta	--	0.470	0.380	--

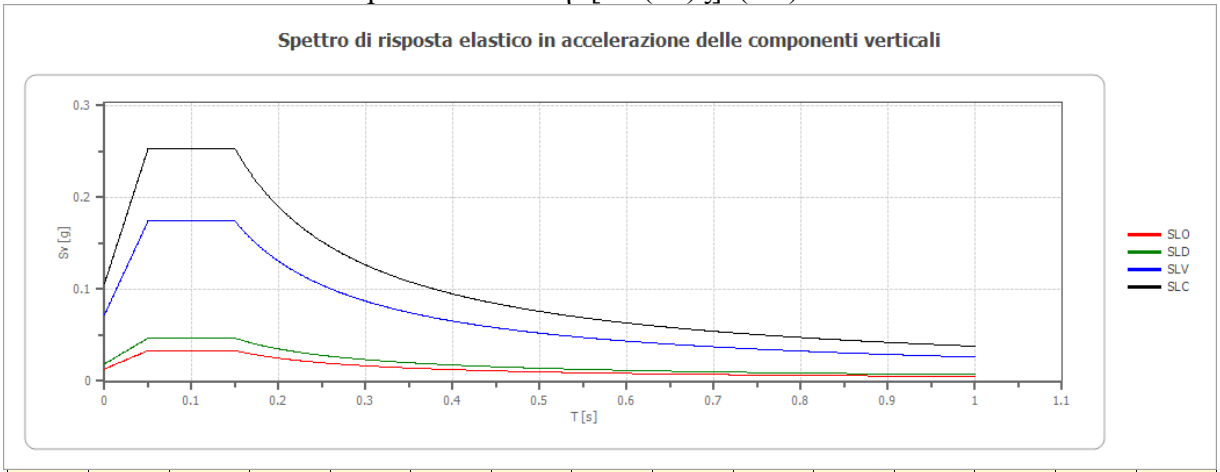
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.041	2.513	0.221	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.074	0.221	1.762	0.049	0.122
SLD	1.0	0.051	2.500	0.243	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.081	0.243	1.804	0.061	0.153
SLV	1.0	0.126	2.406	0.289	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.096	0.289	2.104	0.151	0.364
SLC	1.0	0.163	2.377	0.296	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.099	0.296	2.251	0.195	0.464

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5 %
Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+)ξ]^(1/2): 1.000



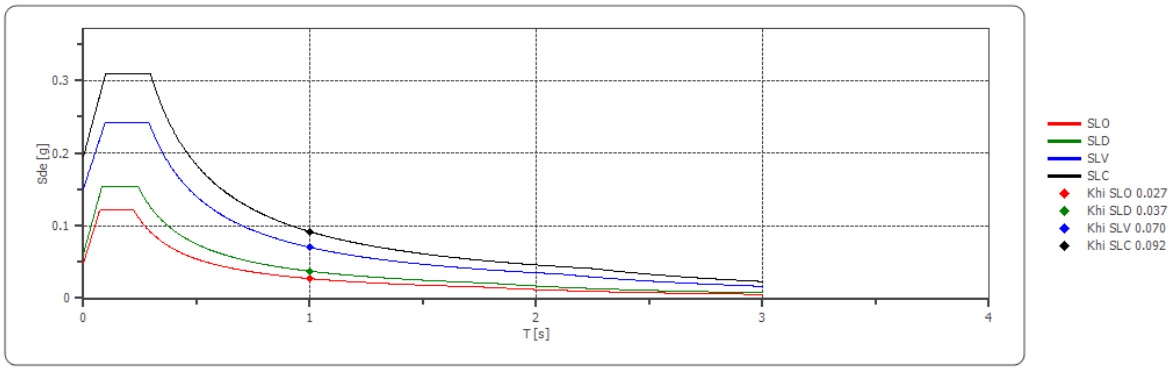
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.041	2.513	0.221	1	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.033
SLD	1.0	0.051	2.500	0.243	1	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.047
SLV	1.0	0.126	2.406	0.289	1	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.072	0.174
SLC	1.0	0.163	2.377	0.296	1	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.106	0.253

Spettro di progetto

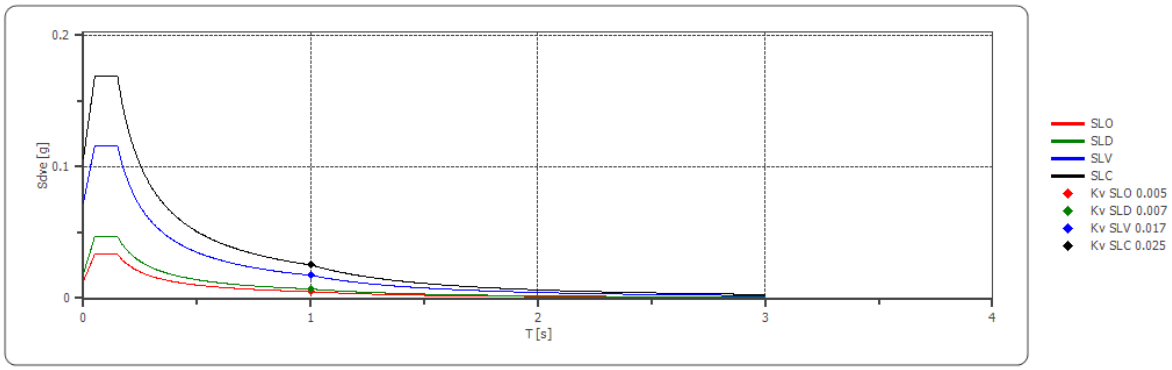
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.027	0.037	0.070	0.092
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.005	0.007	0.017	0.025

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.041	2.513	0.221	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.074	0.221	1.762	0.049	0.122
SLO verticale	1.0	0.041	2.513	0.221	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.033
SLD orizzontale	1.0	0.051	2.500	0.243	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.081	0.243	1.804	0.061	0.153
SLD verticale	1.0	0.051	2.500	0.243	1.000	1.000	1.200	1.200	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.047
SLV orizzontale	1.0	0.126	2.406	0.289	1.000	1.000	1.200	1.200	1.500	0.096	0.289	2.104	0.151	0.242
SLV verticale	1.0	0.126	2.406	0.289	1.000	1.000	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.072	0.116
SLC orizzontale	1.0	0.163	2.377	0.296	1.000	1.000	1.200	1.200	1.500	0.099	0.296	2.251	0.195	0.310
SLC verticale	1.0	0.163	2.377	0.296	1.000	1.000	1.200	1.200	1.500	0.050	0.150	1.000	0.106	0.169

Programma CSAR ver. 2.0.1
CARATTERIZZAZIONE e STABILITA DI AMMASSI ROCCIOSI
Copyright ©Bruschi Alberto - Milano

Committente: Luca Marmi Srls
Località: cava Pescina
Lavoro: Classificazione strutturale ed analisi di stabilità cinematiche
Note:

Data: giovedì, 30 aprile 2020

LITOLOGIA DELL'UNITA' DI RILIEVO

Litotipo dominante: MetaArenarie

Formazione: Marne del Sugame

Peso di volume della roccia: 27.0 kN/mc

L'ammasso si presenta debolmente alterato.

RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA

La resistenza della roccia intatta é stata ricavata da: Prova di compressione monoassiale

La resistenza a compressione monoassiale della roccia è pari a: 75.0 Mpa

La valutazione della roccia intatta, in termini di resistenza alla compressione, è mediocre

Condizioni idrogeologiche

La zona di rilevamento, dal punto di vista idrogeologico, é caratterizzabile come: Acqua completamente assente

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia J1

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	Chiusi
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni buone

Famiglia J2

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	Chiusi
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni buone

Famiglia J3

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	Chiusi
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni buone

Famiglia J4

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	Chiusi
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni buone

Famiglia J5

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	Chiusi
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni buone

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

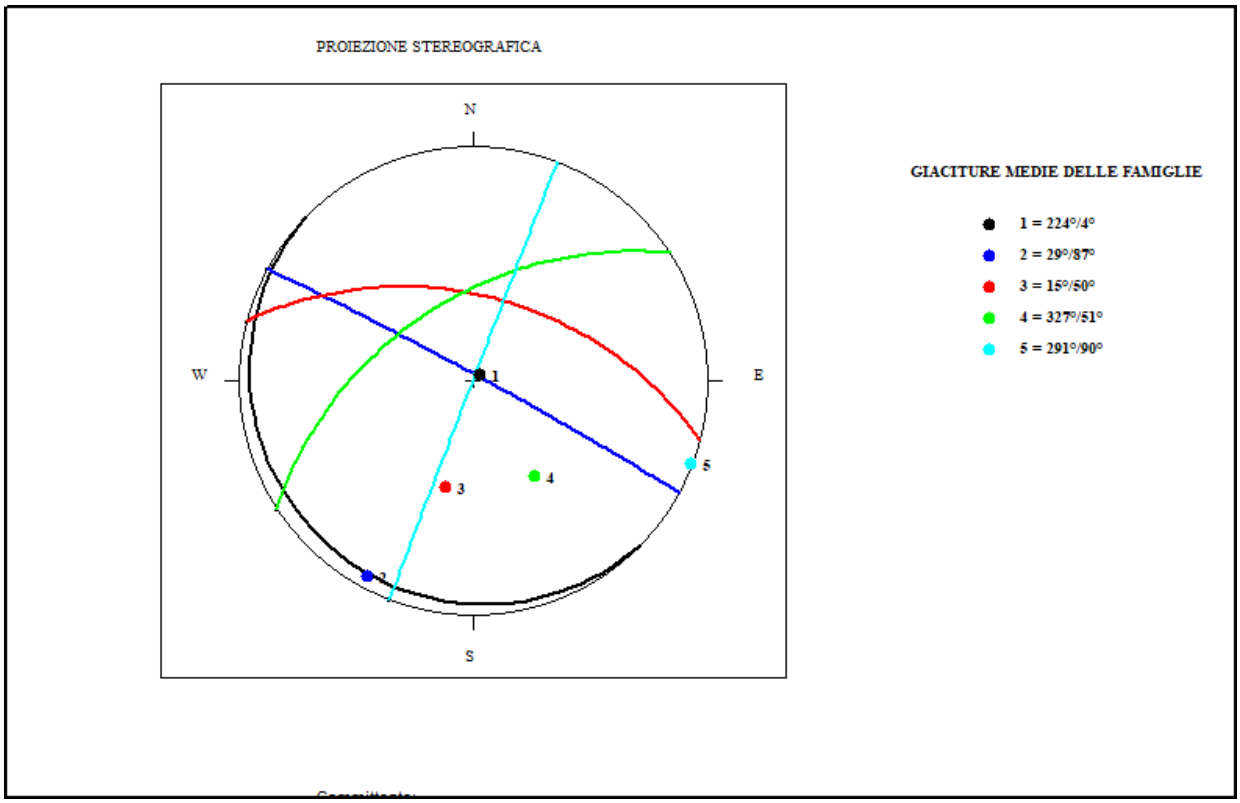
Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	224.4	3.9	180
2	28.5	86.9	35
3	14.7	50	100
4	327	51.4	45
5	291	89.6	85

Nell'area di rilievo non sono presenti famiglie a carattere random

Dalle spaziature medie, applicando le relazioni di Palstrom, si ha:

Jv	RQD
7.81	89

Il volume del blocco unitario minimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0 mc
Il volume del blocco unitario medio è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.117 mc
Il volume del blocco unitario massimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0 mc



MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

Il modello costitutivo adottato del comportamento del giunto nell'ammasso roccioso è quello noto come modello 'JRC-JCS', sviluppato da Barton e Bandis e messo a punto da Barton e Choubey (1977).

Tale modello esprime la resistenza al taglio del giunto secondo la:

$$tau = sigma*tan(JRC*log(JCS/sigma)+phir)$$

con tau = resistenza al taglio,
sigma = tensione normale,
phir = angolo d'attrito residuo.

Nelle elaborazioni si è mantenuto un valore di tensione normalizzata pari a 100 kPa.
Il parametro JCS è calcolato dal valore della resistenza monoassiale corretto per lo stato di alterazione delle pareti del giunto secondo la relazione di Miller (1965).

I valori base sono quindi stati corretti, per tenere conto dell'effetto scala, secondo le relazioni di Barton e Bandis (1982).

L'angolo d'attrito di base è ricavato da un dato prefissato funzione della litologia della roccia (Barton, 1973)

L'angolo d'attrito residuo è ricavato dalla relazione di Barton e Chryssanthakis (1990).

L'angolo d'attrito di picco è valutato con le relazioni di Barton e Bandis (1990).

L'apertura idraulica equivalente della frattura viene valutata secondo la relazione di Bandis (1985).

La permeabilità della singola frattura è derivata dalla relazione di Barton e Bakhtar (1987)

FAMIGLIA J1

Parametro JCS di base	73.3 MPa
Parametro JCS corretto	64.7 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	37.0°
Angolo d'attrito di picco	46.0°
Angolo d'attrito residuo	29.0°
Apertura idraulica equivalente	0.28 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.7 mm

FAMIGLIA J2

Parametro JCS di base	73.3 MPa
Parametro JCS corretto	75.1 MPa
Parametro JRC di base	8.0
Parametro JRC corretto	8.0
Angolo d'attrito di base	37.0°
Angolo d'attrito di picco	52.0°
Angolo d'attrito residuo	29.0°
Apertura idraulica equivalente	0.14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.7 mm

FAMIGLIA J3

Parametro JCS di base	73.3 MPa
Parametro JCS corretto	75.1 MPa
Parametro JRC di base	8.0
Parametro JRC corretto	8.0
Angolo d'attrito di base	37.0°
Angolo d'attrito di picco	52.0°
Angolo d'attrito residuo	29.0°
Apertura idraulica equivalente	0.14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.7 mm

FAMIGLIA J4

Parametro JCS di base	73.3 MPa
Parametro JCS corretto	75.6 MPa
Parametro JRC di base	10.0
Parametro JRC corretto	10.0
Angolo d'attrito di base	37.0°
Angolo d'attrito di picco	58.0°
Angolo d'attrito residuo	29.0°
Apertura idraulica equivalente	0.12 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.9 mm

FAMIGLIA J5

Parametro JCS di base	73.3 MPa
Parametro JCS corretto	75.1 MPa
Parametro JRC di base	8.0
Parametro JRC corretto	8.0

Angolo d'attrito di base	37.0°
Angolo d'attrito di picco	52.0°
Angolo d'attrito residuo	29.0°
Apertura idraulica equivalente	0.14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.7 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	2.0	180.00	0.01	6
2	0.9	35.00	0.01	8
3	0.9	100.00	0.01	8
4	0.9	45.00	0.01	10
5	0.9	85.00	0.01	8

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	0	45
2	0	74
3	0	74
4	0	109
5	0	74

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
71.3	0.0000	89.0000	0.0000000000

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
1	80	10

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	75.00	7
RQD (%)	89	17
Spaziatura (m)	0.89	13
Condizioni dei giunti		25
Venute d'acqua	Nessuna	15

Risultati:

RMR di base	77
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	77
Classe ammasso roccioso	CLASSE II

qualità ammasso roccioso	BUONA

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 77

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo.

Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Di seguito si danno per le famiglie identificate i fattori correttivi di Romana e le relative valutazioni:

Valutazione per i cinematismi piani

FAMIGLIA J1

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	85

FAMIGLIA J2

Parallelismo della giacitura	0.40
Condizione della giacitura	favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	6
Condizione giacitura	favorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	84

FAMIGLIA J3

Parallelismo della giacitura	0.70
Condizione della giacitura	mediocre
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	45

FAMIGLIA J4

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole

Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	78

FAMIGLIA 5

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	6
Condizione giacitura	favorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	86

Valutazione per i cinematismi di toppling

FAMIGLIA J1

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	0
Condizione giacitura	molto favorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	87

FAMIGLIA J2

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	25
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	83

FAMIGLIA J3

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	25
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	83

FAMIGLIA J4

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	25

Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	83

FAMIGLIA 5

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dei giunti	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	25
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	83

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 45

Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
Commento sulla stabilità	Parzialmente stabile
Commento sul tipo di rottura	Qualche giunto planare o molti cunei
Commento sui consolidamenti	Sistematico

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA MODIFICATA DA ANBALAGAN & al. (1992) PER I CUNEI

RMR di base: 77

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo.

Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Di seguito si danno per le famiglie identificate i fattori correttivi di Anbalagan e le relative valutazioni:

Valutazione per i cinematismi a cuneo valutati sulla retta d'intersezione dei piani

FAMIGLIA 1/2

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	86

FAMIGLIA 1/3

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10

Valore di SMR	86

FAMIGLIA 1/4

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	86

FAMIGLIA 1/5

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	86

FAMIGLIA 2/3

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	0.15
Condizione inclinazione	molto favorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	86

FAMIGLIA 2/4

Parallelismo della giacitura	0.15
Condizione della giacitura	molto favorevole
Inclinazione dell'intersezione	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	78

FAMIGLIA 2/5

Parallelismo della giacitura	0.70
Condizione della giacitura	mediocre
Inclinazione dell'intersezione	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	6
Condizione giacitura	favorevole

Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	83

FAMIGLIA 3/4

Parallelismo della giacitura	0.85
Condizione della giacitura	sfavorevole
Inclinazione dell'intersezione	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	36

FAMIGLIA 3/5

Parallelismo della giacitura	0.70
Condizione della giacitura	mediocre
Inclinazione dell'intersezione	1.00
Condizione inclinazione	molto sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	45

FAMIGLIA 4/5

Parallelismo della giacitura	0.70
Condizione della giacitura	mediocre
Inclinazione dell'intersezione	0.85
Condizione inclinazione	sfavorevole
Giacitura dei giunti	60
Condizione giacitura	molto sfavorevole
Correzione tipo scavo	10
Valore di SMR	51

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 36

Qualità ammasso roccioso	SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV
Commento sulla stabilità	Instabile

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	89
Parametro Jn	15.00
Parametro Jr	1.00
Parametro Ja	0.75
Parametro Jw	1.00
Parametro SRF	0.88

Il valore di Jr si riferisce al valore assoluto inferiore calcolato per ogni famiglia di discontinuità in quanto, in accordo con Barton, si fa sempre riferimento alle condizioni dell'ammasso più sfavorevoli per la stabilità.

Il valore di Ja si riferisce al valore assoluto superiore calcolato per ogni famiglia di discontinuità in quanto, in accordo con Barton, si fa sempre riferimento alle condizioni dell'ammasso più sfavorevoli per la stabilità.

Il valore di SRF è stato calcolato secondo la procedura iterativa proposta da Kirsten (1988), funzione della resistenza della roccia intatta e dello stato tensionale al contorno.

Risultati:

RQD/Jn	5.933
Jr/Ja	1.333
Jw/SRF	1.1394

Q	9.011
Classe ammasso roccioso	CLASSE V
Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 72

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	1.0827	0.0403	1	0.0094	0.000004

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

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

Parametri equivalenti stimati da quelli di Hoek-Brown (Soluzione di Palmer)

cp	cr	fp	fr
1.229 MPa	0.038 MPa	52.1°	35.7°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

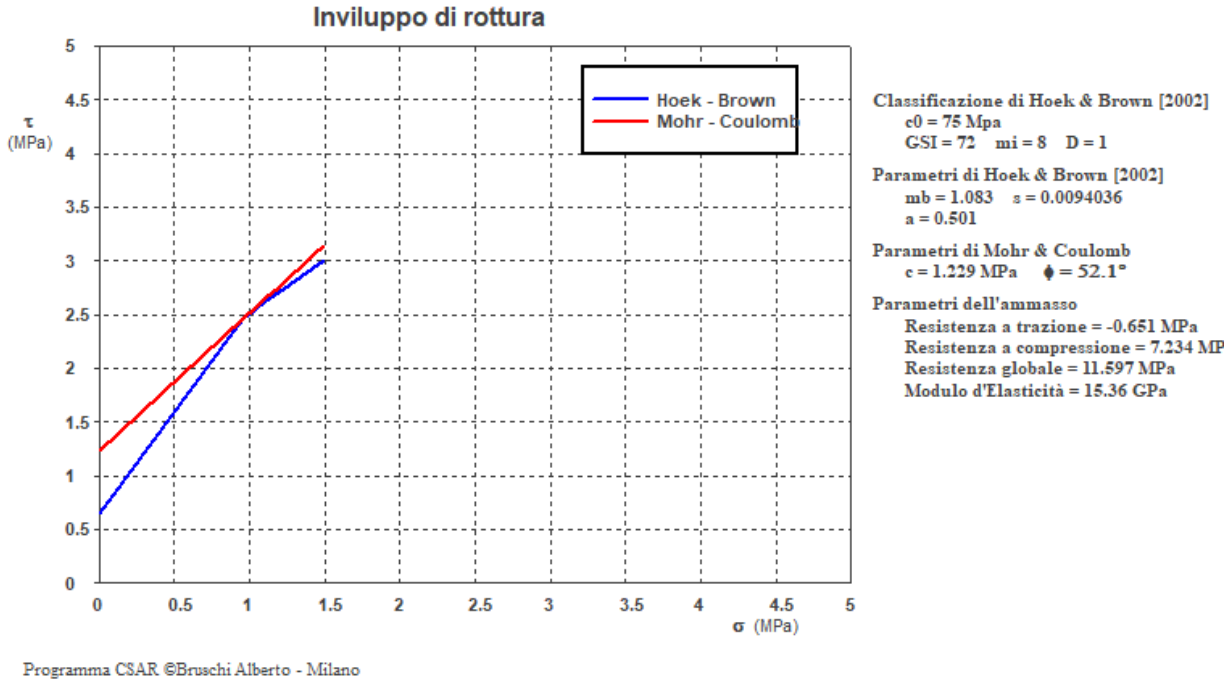
cp	cr	fp	fr
0.360 MPa	0.288 MPa	41.0°	33.8°

cp = coesione di picco dell'ammasso
cr = coesione residua dell'ammasso
fp = angolo d'attrito di picco dell'ammasso
fr = angolo d'attrito residuo dell'ammasso

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
15.36	6.71	28.91	41.94

Ed_p = Modulo di deformabilità di picco dalla relazione di Serafim-Pereira
Ed_r = Modulo di deformabilità residuo dalla relazione di Serafim-Pereira
Ed_1 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Berardi-Bellingeri
Ed_2 = Modulo di deformabilità dalla relazione di Iasarevic-Kovacevic per serie carbonatiche



ANALISI DELLO SCIVOLAMENTO SU UN GIUNTO SINGOLO – GIACITURA DEL FRONTE 1/80

ANALISI DETERMINISTICA

GEOMETRIA DEL PROBLEMA

HF	In_F	In_Fs	In_P
10.0	80.0	5.0	50.0

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

Non si è imposta la presenza di frattura di trazione

PARAMETRI GEOMECCANICI

Criterio di rottura di Barton

gamma	JCS	JRC	phi_b
27.0	75.1	8.0	37.0

gamma = Peso di volume della roccia (kN/mc)

JCS = Parametro JCS del giunto (MPa)
JRC = Parametro JRC del giunto (-)
phi_b = Angolo d'attrito di base (°)

Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

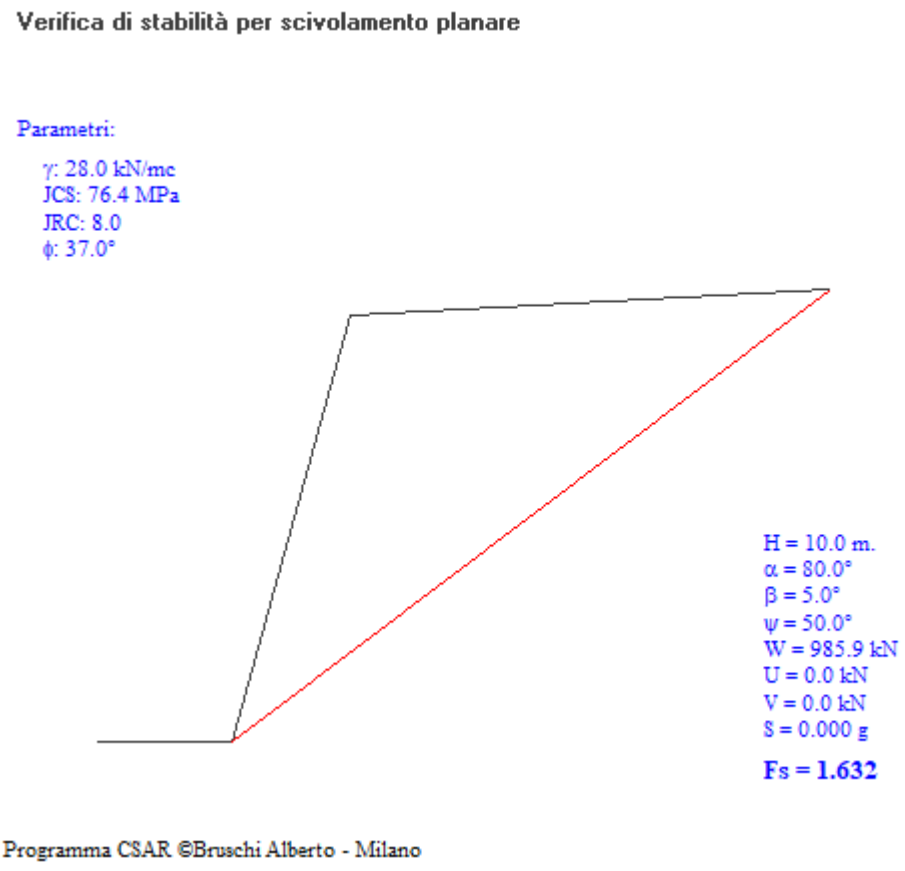
Circolazione idrica assente

RISULTATI

L	W	f	U	V	I	N	T	S
13.9	950.74	62.9	0.00	0.0	0.0	611.12	728.31	0.000

L = Lunghezza del piano di distacco (m)
W = Peso del blocco (kN)
f = Angolo d'attrito mobilitato (°)
U = Spinta idraulica nel piano di scivolamento (kN)
V = Spinta idraulica nella frattura di trazione (kN)
I = Spinta idraulica dovuta all'invaso (kN)
N = Forze resistenti (kN)
T = Forze instabilizzanti (kN)
S = Coefficiente sismico applicato

COEFFICIENTE DI SICUREZZA = 1.632



ANALISI TRIDIMENSIONALE DELLO SCIVOLAMENTO DI UN CUNEO DI ROCCIA

PROIEZIONE STEREOGRAFICA

TEST DI MATHESON

Cinematismo su Cunei

1 = 224°/4°

2 = 29°/87°

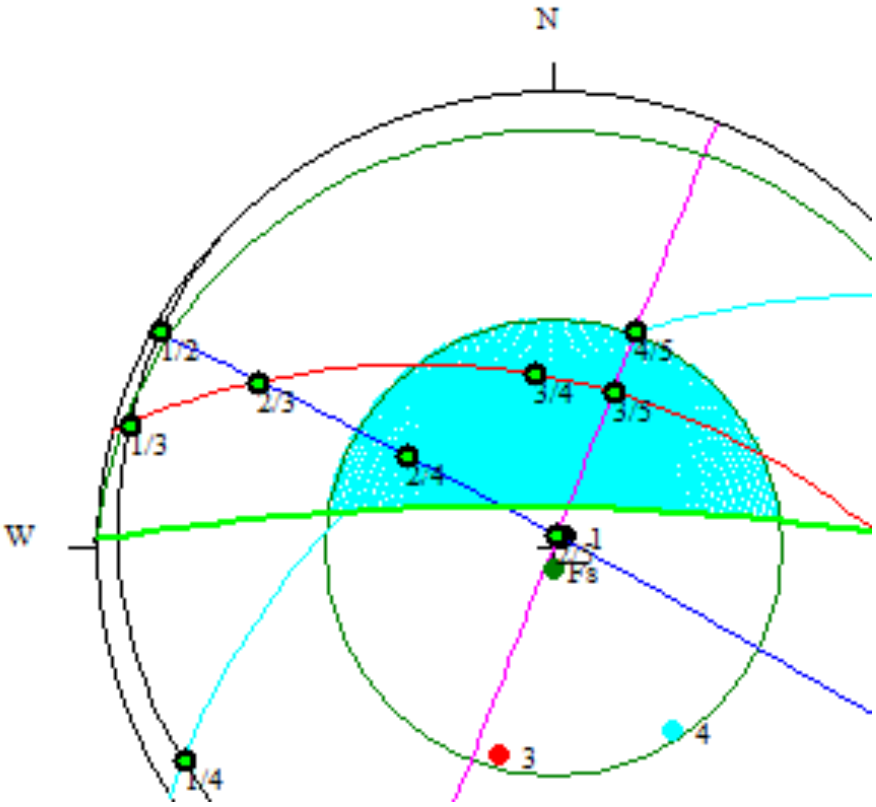
3 = 15°/50°

4 = 327°/51°

5 = 291°/90°

F = 1°/80°

Fs = 1°/5°



Cuneo famm. J2-J4

Geometria e Giaciture

HF	Im_F	In_F	Im_Fs	In_Fs	Im_A	In_A	Im_B	In_B
10.0	1.0	80.0	1.0	5.0	29.0	87.0	327.0	51.0

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

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

gamma	JCS_A	JRC_A	JCS_B	JRC_B	phi_b

27.0	75.1	8.0	75.6	10.0	37.0

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

Risultati della analisi

H	Area A	Area B	Area T	W	N_A	N_B	Q	S
10.0	31.46	33.94	0.00	1283.2	0.00	807.53	0	0.000

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

Retta d'intersezione dei piani

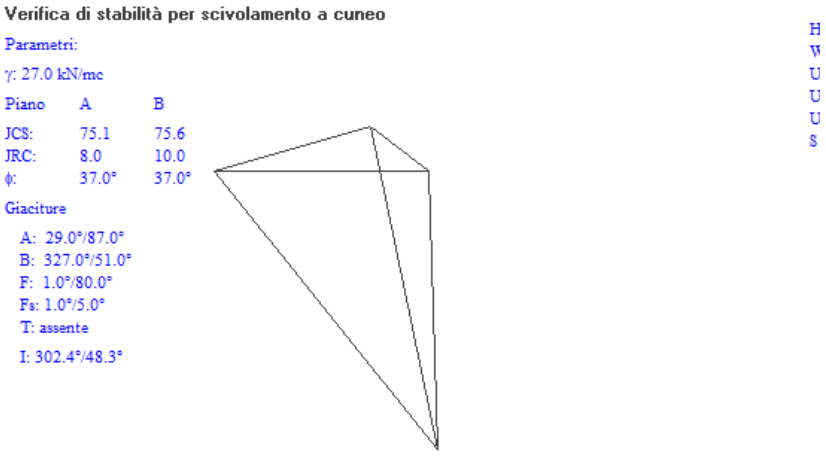
Direzione (°):	302.4
Inclinazione (°):	48.3

Criterio di rottura di Barton

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

nel Piano A (°): 70.00
nel Piano B (°): 70.00

Coefficiente di Sicurezza = 2.225



Cuneo famm. J3-JJ4

Geometria e Giaciture

HF	Im_F	In_F	Im_Fs	In_Fs	Im_A	In_A	Im_B	In_B
10.0	1.0	80.0	1.0	5.0	15.0	50.0	327.0	51.0

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

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

gamma	JCS_A	JRC_A	JCS_B	JRC_B	phi_b
27.0	75.1	8.0	75.6	10.0	37.0

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

Risultati della analisi

H	Area A	Area B	Area T	W	N_A	N_B	Q	S
10.0	207.13	88.33	0.00	13639.1	5277.77	4345.99	0	0.000

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

Retta d'intersezione dei piani

Direzione (°):	353.3
Inclinazione (°):	47.9

Criterio di rottura di Barton

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

nel Piano A (°):	64.76
nel Piano B (°):	68.87

Coefficiente di Sicurezza = 2.217

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

γ: 27.0 kN/mc

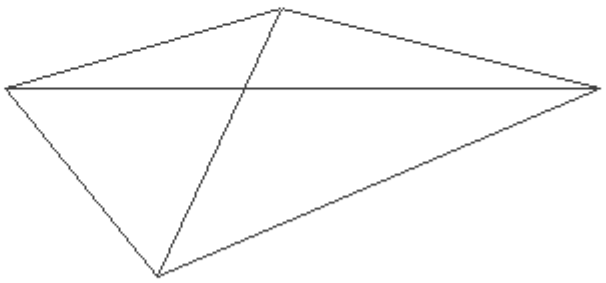
Piano	A	B
JCS:	75.1	75.6
JRC:	8.0	10.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 15.0°/50.0°
B: 327.0°/51.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 353.3°/47.9°

H
W
U
U
U
S



Cuneo famm. J3-JJ5

Geometria e Giaciture

HF	Im_F	In_F	Im_Fs	In_Fs	Im_A	In_A	Im_B	In_B
10.0	1.0	80.0	1.0	5.0	15.0	50.0	291.0	90.0

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

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

gamma	JCS_A	JRC_A	JCS_B	JRC_B	phi_b
27.0	75.1	8.0	75.1	8.0	37.0

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

Risultati della analisi

H	Area A	Area B	Area T	W	N_A	N_B	Q	S
10.0	175.97	34.71	0.00	7916.2	5088.44	0.00	0	0.000

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

Retta d'intersezione dei piani

Direzione (°):	21.0
Inclinazione (°):	49.8

Criterio di rottura di Barton

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

nel Piano A (°):	64.32
nel Piano B (°):	70.00

Coefficiente di Sicurezza = 1.745

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

γ: 27.0 kN/mc

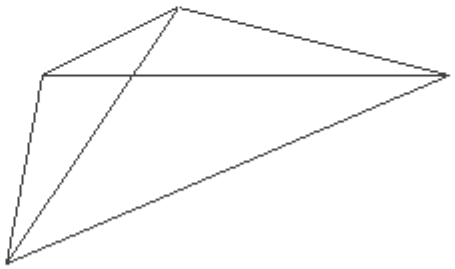
Piano	A	B
JCS:	75.1	75.1
JRC:	8.0	8.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 15.0°/50.0°
B: 291.0°/90.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 21.0°/49.8°

H
W
U
U
U
S



Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

Cuneo famm. J4-JJ5

Geometria e Giaciture

HF	Im_F	In_F	Im_Fs	In_Fs	Im_A	In_A	Im_B	In_B
10.0	1.0	80.0	1.0	5.0	327.0	51.0	291.0	90.0

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

Il cuneo di roccia non è in aggetto

Parametri geomeccanici

Criterio di rottura di Barton

gamma	JCS_A	JRC_A	JCS_B	JRC_B	phi_b
27.0	75.6	10.0	75.1	8.0	37.0

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

Risultati della analisi

H	Area A	Area B	Area T	W	N_A	N_B	Q	S
10.0	142.86	66.07	0.00	6989.3	7273.81	4573.22	0	0.000

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

Retta d'intersezione dei piani

Direzione (°):	21.0
Inclinazione (°):	36.0

Criterio di rottura di Barton

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

nel Piano A (°):	68.72
nel Piano B (°):	61.28

Coefficiente di Sicurezza = 6.581

Verifica di stabilità per scivolamento a cuneo

Parametri:

γ: 27.0 kN/mc

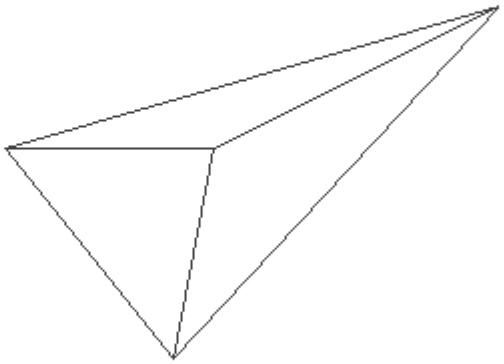
Piano	A	B
JCS:	75.6	75.1
JRC:	10.0	8.0
ϕ:	37.0°	37.0°

Giaciture

A: 327.0°/51.0°
B: 291.0°/90.0°
F: 1.0°/80.0°
Fs: 1.0°/5.0°
T: assente

I: 21.0°/36.0°

H
W
U
U
U
S



Analisi valida per le condizioni idrauliche sotto riportate:

Circolazione idrica assente

RIBALTAMENTO DI UN BLOCCO SINGOLO

H	B	W	V	a	N	T	Mr	Ms	Fs
1.80	1.00	3.159	0.117	50.0	2.031	2.420	1.015	2.178	2.145

H: altezza del blocco (m)
B: larghezza del blocco (m)
W: peso del blocco (kN)
V: volume del blocco (mc)
a: inclinazione del piano basale (°)
N: componente normale del peso sul piano (kN)
T: componente tangenziale del peso sul piano (kN)
Mr: momento ribaltante (kNm)
Ms: momento stabilizzante (kNm)
Fs: coefficiente di sicurezza al ribaltamento

ANALISI DI STABILITA' AGLI STATI LIMITE (SLC)

SEZIONE DI PROGETTO N. 1 FRONTE DI SCAVO OVEST

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.203222/9.699826
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2464.52 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1780.38 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2480.8 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1790.18 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.4	2.51	0.22
S.L.D.	50.0	0.5	2.5	0.24
S.L.V.	475.0	1.24	2.41	0.29
S.L.C.	975.0	1.6	2.38	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.48	0.2	0.0098	0.0049
S.L.D.	0.6	0.2	0.0122	0.0061
S.L.V.	1.488	0.29	0.044	0.022
S.L.C.	1.92	0.29	0.0568	0.0284

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.057
Coefficiente azione sismica verticale	0.028

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2416.76	1783.36
2	2417.97	1784.09
3	2418.77	1784.79
4	2419.77	1785.31
5	2420.77	1785.64
6	2421.77	1786.13
7	2422.77	1786.77
8	2423.78	1787.48
9	2424.78	1787.98
10	2425.12	1788.07
11	2425.78	1788.32
12	2426.78	1788.8
13	2427.0	1788.97
14	2427.78	1789.26
15	2430.24	1790.8
16	2432.65	1791.9
17	2436.5	1792.99
18	2440.19	1793.79
19	2440.81	1793.83
20	2442.82	1793.69
21	2444.31	1794.01
22	2446.25	1792.68
23	2448.2	1792.58
24	2448.83	1792.49
25	2450.48	1785.56
26	2450.8	1782.64
27	2456.04	1782.64
28	2456.1	1782.38
29	2456.3	1781.86
30	2457.61	1772.64
31	2460.79	1772.64
32	2461.28	1767.85
33	2462.19	1759.64
34	2480.37	1759.64
35	2480.99	1765.1
36	2481.74	1772.64
37	2485.2	1772.64
38	2485.71	1776.91
39	2486.56	1783.76
40	2488.6	1783.81
41	2491.34	1783.58
42	2492.24	1791.88
43	2492.42	1793.42
44	2492.5	1793.67
45	2495.01	1794.06
46	2497.15	1794.43
47	2499.29	1795.22
48	2502.3	1795.28
49	2504.62	1795.62
50	2505.24	1795.63
51	2506.84	1796.4
52	2512.36	1796.25
53	2513.68	1796.65

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2700	0.461	0.675	0.0192	750		travertine

Risultati analisi pendio [A2+M2*R2]

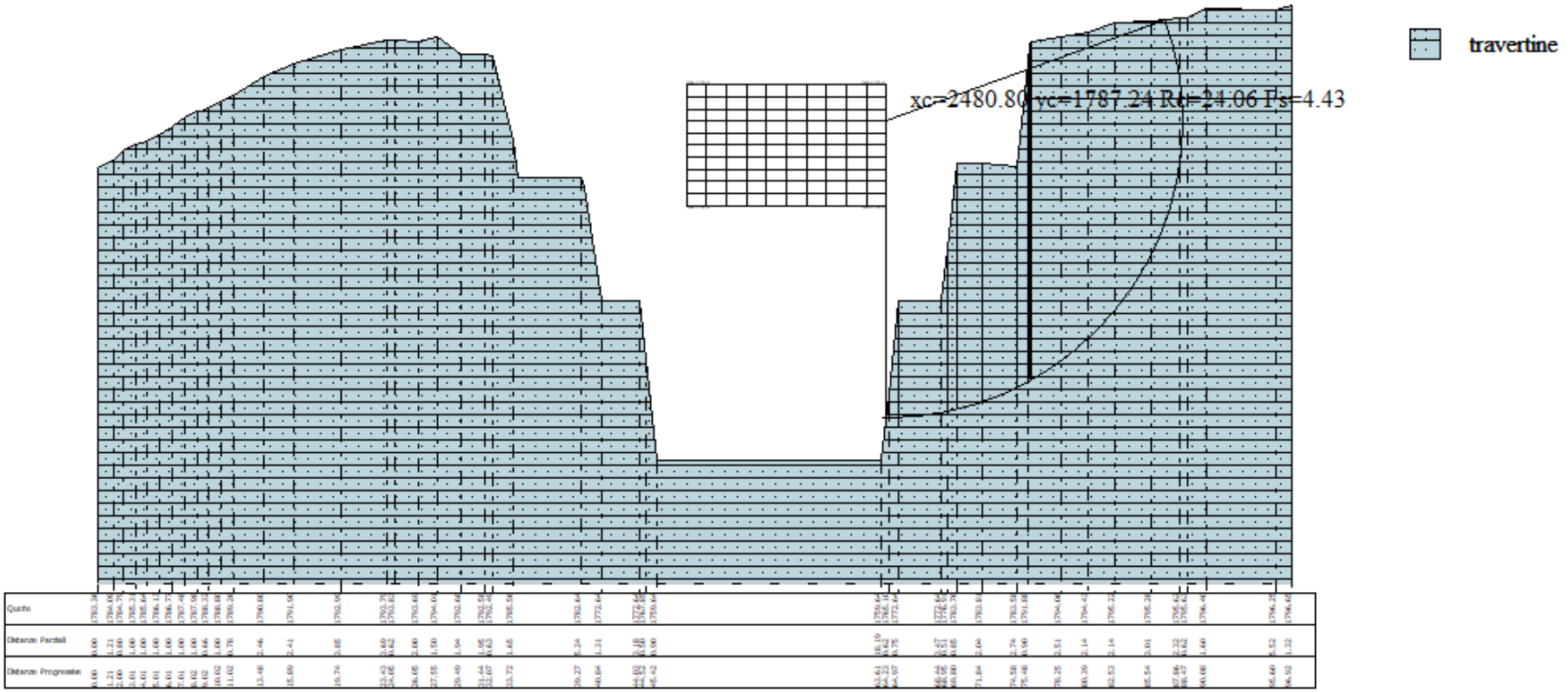
Fs minimo individuato	4.43
Ascissa centro superficie	2480.8 m
Ordinata centro superficie	1787.24 m
Raggio superficie	24.06 m

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

xc = 2480.801 yc = 1787.237 Rc = 24.06 Fs=4.428

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0.21	-21.0	0.22	563.54	32.12	15.78	9.9	50.0	0.0	2414.3	5052.1
2	0.75	1.6	0.75	11436.8	651.9	320.23	9.9	50.0	0.0	10985.9	16356.3
3	3.97	6.9	4.09	9630.42	5678.93	2789.65	9.9	50.0	0.0	8873.6	95183.7
4	0.85	14.1	0.88	38040.18	2168.29	1065.13	9.9	50.0	0.0	33254.2	24536.9
5	2.04	16.3	2.12	108143.6	6164.19	3028.02	9.9	50.0	0.0	94874.9	63403.9
6	2.74	22.1	2.96	138362.2	7886.65	3874.14	9.9	50.0	0.0	116337.3	87658.5
7	0.9	28.0	1.02	53221.46	3033.62	1490.2	9.9	50.0	0.0	44829.4	32905.1
8	0.18	28.3	0.2	12591.92	717.74	352.57	9.9	50.0	0.0	10973.2	7021.0
9	0.08	23.1	0.09	6184.26	352.5	173.16	9.9	50.0	0.0	5476.7	3177.5
10	10.91	69.5	31.27	17871.5	40918.68	20100.4	9.9	50.0	0.0	309520.1	186105.0

Verifica di stabilità SLC - condizioni dinamiche lato ovest profilatura di progetto



SEZIONE DI PROGETTO N. 1 FRONTE DI SCAVO EST

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.203222/9.699826
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2451.73 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1798.96 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2468.01 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1808.76 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.4	2.51	0.22
S.L.D.	50.0	0.5	2.5	0.24
S.L.V.	475.0	1.24	2.41	0.29
S.L.C.	975.0	1.6	2.38	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.48	0.2	0.0098	0.0049
S.L.D.	0.6	0.2	0.0122	0.0061
S.L.V.	1.488	0.29	0.044	0.022
S.L.C.	1.92	0.29	0.0568	0.0284

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.057
Coefficiente azione sismica verticale	0.028

Vertici profilo

Nr	X	y
	(m)	(m)
1	2416.76	1783.36

2	2417.97	1784.09
3	2418.77	1784.79
4	2419.77	1785.31
5	2420.77	1785.64
6	2421.77	1786.13
7	2422.77	1786.77
8	2423.78	1787.48
9	2424.78	1787.98
10	2425.12	1788.07
11	2425.78	1788.32
12	2426.78	1788.8
13	2427.0	1788.97
14	2427.78	1789.26
15	2430.24	1790.8
16	2432.65	1791.9
17	2436.5	1792.99
18	2440.19	1793.79
19	2440.81	1793.83
20	2442.82	1793.69
21	2444.31	1794.01
22	2446.25	1792.68
23	2448.2	1792.58
24	2448.83	1792.49
25	2450.48	1785.56
26	2450.8	1782.64
27	2456.04	1782.64
28	2456.1	1782.38
29	2456.3	1781.86
30	2457.61	1772.64
31	2460.79	1772.64
32	2461.28	1767.85
33	2462.19	1759.64
34	2480.37	1759.64
35	2480.99	1765.1
36	2481.74	1772.64
37	2485.2	1772.64
38	2485.71	1776.91
39	2486.56	1783.76
40	2488.6	1783.81
41	2491.34	1783.58
42	2492.24	1791.88
43	2492.42	1793.42
44	2492.5	1793.67
45	2495.01	1794.06
46	2497.15	1794.43
47	2499.29	1795.22
48	2502.3	1795.28
49	2504.62	1795.62
50	2505.24	1795.63
51	2506.84	1796.4
52	2512.36	1796.25
53	2513.68	1796.65

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2700	0.461	0.675	0.0192	750		travertine

Risultati analisi pendio [A2+M2*R2]

Fs minimo individuato	4.71
Ascissa centro superficie	2462.32 m
Ordinata centro superficie	1808.27 m
Raggio superficie	46.79 m

Numero di superfici esaminate....(221)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2451.7	1799.0	34.5	6.58
2	2452.5	1799.4	35.4	5.93
3	2453.4	1799.0	35.8	5.98
4	2454.2	1799.4	36.7	5.63
5	2455.0	1799.0	37.2	5.53
6	2455.8	1799.4	38.0	5.24
7	2456.6	1799.0	38.5	5.00

8	2457.4	1799.4	39.4	5.03
9	2458.2	1799.0	39.9	5.21
10	2459.1	1799.4	40.7	5.50
11	2459.9	1799.0	36.7	6.33
12	2460.7	1799.4	37.5	6.21
13	2461.5	1799.0	33.2	6.34
14	2462.3	1799.4	33.8	6.39
15	2463.1	1799.0	34.3	6.28
16	2463.9	1799.4	35.0	6.01
17	2464.8	1799.0	34.3	6.36
18	2465.6	1799.4	38.6	5.49
19	2466.4	1799.0	37.9	5.39
20	2467.2	1799.4	37.3	5.75
21	2468.0	1799.0	36.6	5.67
22	2451.7	1799.9	34.8	7.18
23	2452.5	1800.4	35.7	6.39
24	2453.4	1799.9	36.2	6.48
25	2454.2	1800.4	33.0	8.57
26	2455.0	1799.9	37.5	5.52
27	2455.8	1800.4	38.4	5.25
28	2456.6	1799.9	34.6	6.83
29	2457.4	1800.4	39.7	4.90
30	2458.2	1799.9	35.8	6.06
31	2459.1	1800.4	41.1	5.16
32	2459.9	1799.9	37.0	6.71
33	2460.7	1800.4	37.8	6.40
34	2461.5	1799.9	38.2	6.23
35	2462.3	1800.4	38.9	6.13
36	2463.1	1799.9	34.5	6.11
37	2463.9	1800.4	35.0	6.30
38	2464.8	1799.9	39.3	5.48
39	2465.6	1800.4	38.6	5.61
40	2466.4	1799.9	38.0	5.64
41	2467.2	1800.4	37.4	5.76
42	2468.0	1799.9	36.7	5.92
43	2451.7	1800.9	35.2	6.84
44	2452.5	1801.4	36.1	6.65
45	2453.4	1800.9	36.6	6.21
46	2454.2	1801.4	33.3	8.48
47	2455.0	1800.9	33.9	7.94
48	2455.8	1801.4	34.6	6.97
49	2456.6	1800.9	39.2	5.30
50	2457.4	1801.4	40.1	5.19
51	2458.2	1800.9	36.1	6.23
52	2459.1	1801.4	36.8	6.87
53	2459.9	1800.9	37.3	6.54
54	2460.7	1801.4	42.8	5.47
55	2461.5	1800.9	38.6	6.11
56	2462.3	1801.4	39.3	6.16
57	2463.1	1800.9	39.7	6.03
58	2463.9	1801.4	40.1	5.82
59	2464.8	1800.9	39.3	5.72
60	2465.6	1801.4	38.7	5.91
61	2466.4	1800.9	38.0	5.64
62	2467.2	1801.4	37.4	5.91
63	2468.0	1800.9	36.8	5.93
64	2451.7	1801.9	35.6	7.18
65	2452.5	1802.4	32.4	8.99
66	2453.4	1801.9	32.8	8.73
67	2454.2	1802.4	37.8	6.08
68	2455.0	1801.9	38.3	5.72
69	2455.8	1802.4	34.8	7.62
70	2456.6	1801.9	35.3	7.08

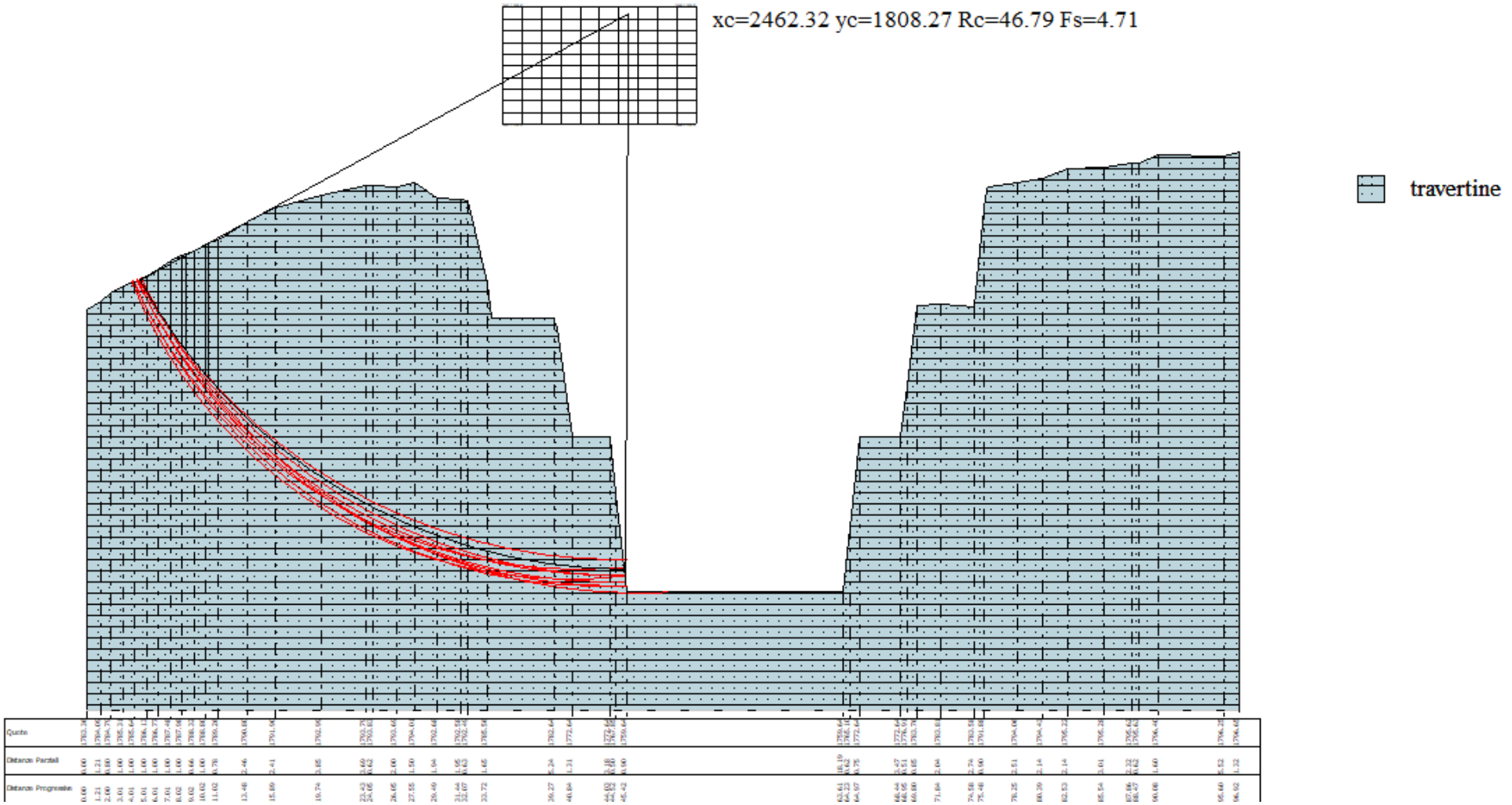
71	2457.4	1802.4	35.9	6.58
72	2458.2	1801.9	40.9	5.10
73	2459.1	1802.4	37.3	6.12
74	2459.9	1801.9	37.6	6.95
75	2460.7	1802.4	43.1	5.17
76	2461.5	1801.9	43.6	6.05
77	2462.3	1802.4	39.5	6.06
78	2463.1	1801.9	40.1	6.07
79	2463.9	1802.4	40.1	5.84
80	2464.8	1801.9	39.5	5.73
81	2465.6	1802.4	39.0	5.78
82	2466.4	1801.9	38.2	5.91
83	2467.2	1802.4	42.2	5.44
84	2468.0	1801.9	36.8	6.24
85	2451.7	1802.9	36.1	6.89
86	2452.5	1803.4	37.0	6.73
87	2453.4	1802.9	37.3	6.49
88	2454.2	1803.4	34.0	8.47
89	2455.0	1802.9	38.6	5.94
90	2455.8	1803.4	39.5	5.64
91	2456.6	1802.9	35.5	7.32
92	2457.4	1803.4	36.3	6.82
93	2458.2	1802.9	41.3	4.87
94	2459.1	1803.4	42.2	5.06
95	2459.9	1802.9	42.7	4.85
96	2460.7	1803.4	38.9	6.72
97	2461.5	1802.9	39.2	6.50
98	2462.3	1803.4	44.8	5.99
99	2463.1	1802.9	40.3	6.26
100	2463.9	1803.4	40.2	6.14
101	2464.8	1802.9	39.5	5.87
102	2465.6	1803.4	38.9	5.82
103	2466.4	1802.9	38.3	6.08
104	2467.2	1803.4	37.7	6.27
105	2468.0	1802.9	41.6	5.34
106	2451.7	1803.9	32.5	10.08
107	2452.5	1804.3	33.3	9.59
108	2453.4	1803.9	33.6	9.24
109	2454.2	1804.3	38.7	6.18
110	2455.0	1803.9	34.7	8.68
111	2455.8	1804.3	39.9	5.86
112	2456.6	1803.9	40.3	5.52
113	2457.4	1804.3	36.6	7.27
114	2458.2	1803.9	41.7	5.31
115	2459.1	1804.3	42.5	5.21
116	2459.9	1803.9	43.0	4.99
117	2460.7	1804.3	43.8	4.91
118	2461.5	1803.9	44.4	5.05
119	2462.3	1804.3	45.2	5.23
120	2463.1	1803.9	40.7	6.32
121	2463.9	1804.3	40.5	6.19
122	2464.8	1803.9	39.6	6.10
123	2465.6	1804.3	43.9	5.77
124	2466.4	1803.9	43.1	5.68
125	2467.2	1804.3	42.4	5.70
126	2468.0	1803.9	37.1	6.54
127	2451.7	1804.8	32.9	9.98
128	2452.5	1805.3	37.8	7.34
129	2453.4	1804.8	38.2	6.85
130	2454.2	1805.3	39.1	6.44
131	2455.0	1804.8	39.6	6.27
132	2455.8	1805.3	36.0	7.78
133	2456.6	1804.8	36.3	7.49

134	2457.4	1805.3	32.4	8.45
135	2458.2	1804.8	42.1	5.35
136	2459.1	1805.3	38.2	7.57
137	2459.9	1804.8	43.4	5.01
138	2460.7	1805.3	44.2	4.83
139	2461.5	1804.8	44.7	4.83
140	2462.3	1805.3	40.5	6.70
141	2463.1	1804.8	46.1	5.84
142	2463.9	1805.3	40.5	6.44
143	2464.8	1804.8	39.9	6.15
144	2465.6	1805.3	44.1	5.72
145	2466.4	1804.8	38.5	6.52
146	2467.2	1805.3	42.6	5.54
147	2468.0	1804.8	41.8	5.88
148	2451.7	1805.8	37.4	7.62
149	2452.5	1806.3	38.3	7.15
150	2453.4	1805.8	38.7	7.47
151	2454.2	1806.3	39.5	6.48
152	2455.0	1805.8	35.6	8.80
153	2455.8	1806.3	40.8	5.97
154	2456.6	1805.8	41.2	5.62
155	2457.4	1806.3	42.0	5.86
156	2458.2	1805.8	42.5	5.55
157	2459.1	1806.3	43.4	5.31
158	2459.9	1805.8	43.8	4.94
159	2460.7	1806.3	44.6	4.98
160	2461.5	1805.8	40.1	6.89
161	2462.3	1806.3	40.9	6.96
162	2463.1	1805.8	46.2	4.86
163	2463.9	1806.3	45.6	4.94
164	2464.8	1805.8	40.0	6.35
165	2465.6	1806.3	39.4	6.56
166	2466.4	1805.8	43.5	6.02
167	2467.2	1806.3	33.6	8.71
168	2468.0	1805.8	42.0	5.81
169	2451.7	1806.8	37.9	8.45
170	2452.5	1807.3	38.8	8.23
171	2453.4	1806.8	39.1	7.02
172	2454.2	1807.3	22.3	17.20
173	2455.0	1806.8	40.4	6.58
174	2455.8	1807.3	36.7	8.59
175	2456.6	1806.8	37.1	8.33
176	2457.4	1807.3	42.5	5.74
177	2458.2	1806.8	43.0	5.46
178	2459.1	1807.3	43.9	5.39
179	2459.9	1806.8	44.2	5.24
180	2460.7	1807.3	45.1	4.92
181	2461.5	1806.8	45.5	4.92
182	2462.3	1807.3	46.3	4.75
183	2463.1	1806.8	41.3	6.68
184	2463.9	1807.3	45.8	5.06
185	2464.8	1806.8	45.0	5.39
186	2465.6	1807.3	39.4	7.34
187	2466.4	1806.8	43.6	6.08
188	2467.2	1807.3	43.0	5.89
189	2468.0	1806.8	42.2	6.12
190	2451.7	1807.8	38.4	8.20
191	2452.5	1808.3	34.9	10.06
192	2453.4	1807.8	39.6	7.15
193	2454.2	1808.3	40.5	7.28
194	2455.0	1807.8	40.8	6.42
195	2455.8	1808.3	37.1	9.75
196	2456.6	1807.8	42.1	6.09

197	2457.4	1808.3	42.9	5.81
198	2458.2	1807.8	38.6	8.47
199	2459.1	1808.3	44.2	5.58
200	2459.9	1807.8	44.7	5.06
201	2460.7	1808.3	40.7	8.02
202	2461.5	1807.8	40.9	7.28
203	2462.3	1808.3	46.8	4.71
204	2463.1	1807.8	46.6	5.05
205	2463.9	1808.3	40.9	6.69
206	2464.8	1807.8	45.2	5.52
207	2465.6	1808.3	44.5	6.23
208	2466.4	1807.8	38.9	7.23
209	2467.2	1808.3	43.1	5.96
210	2468.0	1807.8	42.3	6.20
211	2451.7	1808.8	39.0	9.77
212	2453.4	1808.8	40.1	7.53
213	2455.0	1808.8	27.7	14.25
214	2456.6	1808.8	42.6	6.17
215	2458.2	1808.8	38.9	9.21
216	2459.9	1808.8	40.1	8.29
217	2461.5	1808.8	46.4	4.84
218	2463.1	1808.8	41.7	7.05
219	2464.8	1808.8	45.4	5.53
220	2466.4	1808.8	43.9	6.27
221	2468.0	1808.8	42.5	6.42

Verifica di stabilità SLC - condizioni dinamiche lato est profilatura di progetto

Algoritmo di calcolo Janbu



SEZIONE DI PROGETTO N. 4 FRONTE DI SCAVO SUD

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.203222/9.699826
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2863.64 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1585.31 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2889.24 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1601.51 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.4	2.51	0.22
S.L.D.	50.0	0.5	2.5	0.24
S.L.V.	475.0	1.24	2.41	0.29
S.L.C.	975.0	1.6	2.38	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.48	0.2	0.0098	0.0049
S.L.D.	0.6	0.2	0.0122	0.0061
S.L.V.	1.488	0.29	0.044	0.022
S.L.C.	1.92	0.29	0.0568	0.0284

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0568
Coefficiente azione sismica verticale	0.0284

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2832.05	1567.01
2	2832.8	1567.28
3	2833.8	1567.64
4	2834.8	1568.24
5	2835.34	1568.31
6	2837.34	1568.95
7	2838.47	1569.48
8	2839.81	1570.24
9	2841.82	1571.0
10	2844.82	1571.48
11	2845.44	1571.56
12	2848.38	1571.72
13	2848.41	1571.3
14	2848.73	1567.13
15	2851.2	1567.13
16	2851.34	1566.08
17	2852.56	1557.36
18	2852.59	1557.13
19	2855.42	1557.13
20	2856.55	1546.66
21	2856.84	1544.13
22	2897.62	1544.13
23	2898.37	1547.59
24	2899.66	1554.48
25	2905.79	1553.93
26	2905.91	1554.52
27	2906.37	1557.13
28	2908.43	1557.13
29	2909.26	1565.17
30	2909.46	1567.13
31	2911.52	1567.13
32	2912.45	1576.23
33	2912.55	1577.13
34	2914.6	1577.13
35	2915.22	1583.13
36	2915.62	1586.94
37	2915.64	1587.14
38	2919.3	1587.41
39	2922.63	1587.13
40	2923.79	1591.3
41	2924.1	1592.25
42	2924.64	1592.24
43	2928.97	1592.31
44	2931.44	1592.0
45	2933.32	1591.93
46	2934.0	1591.88
47	2936.0	1592.12
48	2937.84	1591.99
49	2939.67	1592.18

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2832.1	1542.78
2	2856.71	1543.39
3	2898.07	1543.7
4	2902.92	1550.02
5	2906.67	1553.03
6	2909.98	1556.83
7	2914.95	1565.36
8	2921.03	1576.84
9	2927.35	1586.04
10	2939.75	1589.91

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0 0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Peso unità di volume (Kg/m³)	A	B	T	Resistenza compressione monoassiale (kg/cm²)	Texture	Descrizione
1	2700	0.461	0.675	0.0192	750		travertine

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	3.84
Ascissa centro superficie	2889.24 m
Ordinata centro superficie	1593.41 m

Raggio superficie 45.41 m

==========

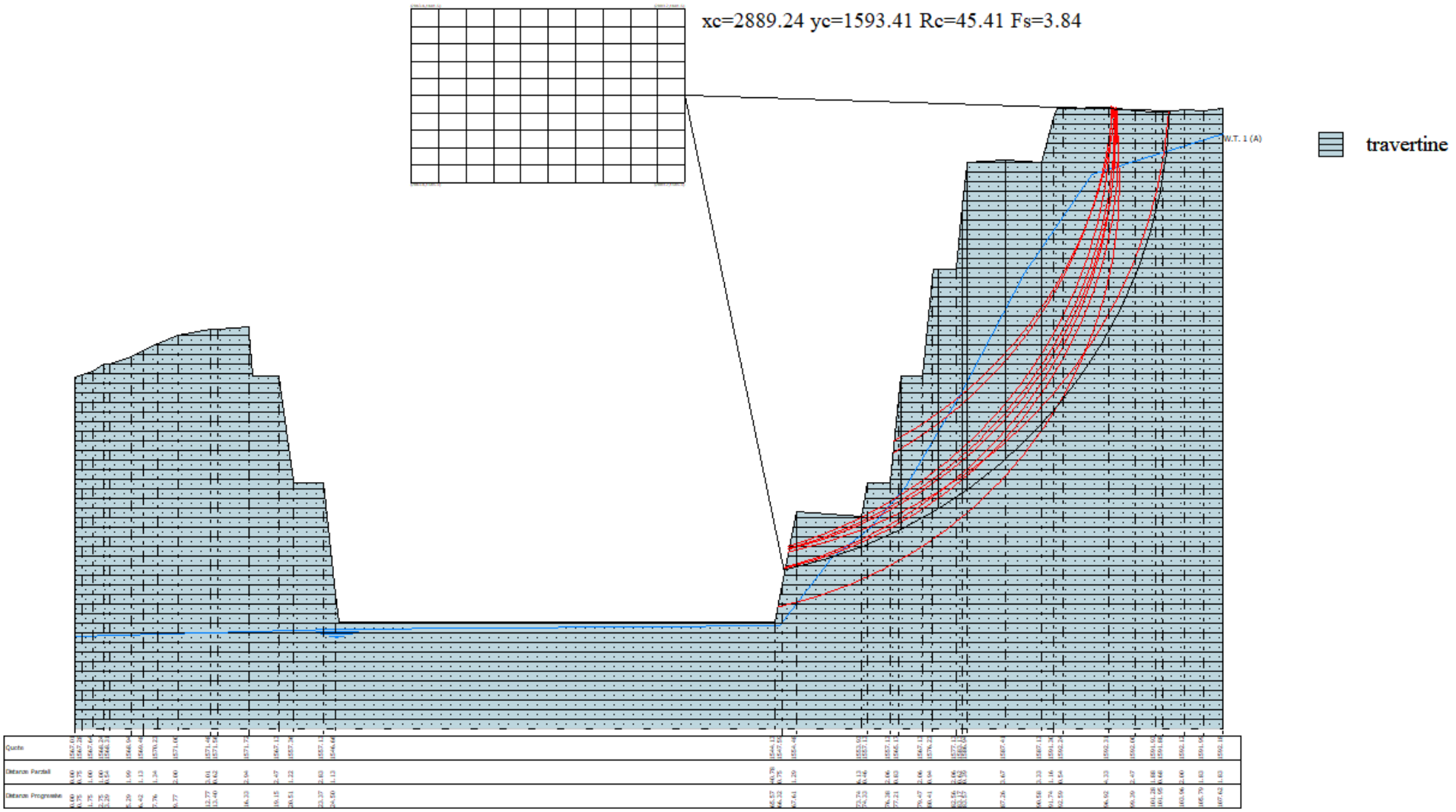
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

xc = 2889.236 yc = 1593.409 Rc = 45.414 Fs=3.836

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.09	26.8	1.22	7331.87	416.45	208.23	9.9	50.0	0.0	-4489.9	28142.6
2	6.13	17.4	6.42	68837.84	3909.99	1955.0	9.9	50.0	0.0	26712.3	151985.5
3	3.67	23.9	4.01	51964.61	2951.59	1475.8	9.9	50.0	8248.8	8549.9	96829.2
4	3.53	28.8	4.03	128242.7	7284.19	3642.09	9.9	50.0	18694.2	67749.6	118877.8
5	2.23	33.5	2.67	130722.3	7425.03	3712.51	9.9	50.0	18935.6	81969.3	94362.3
6	0.39	35.7	0.49	30562.52	1735.95	867.98	9.9	50.0	3913.8	21346.9	19651.5
7	0.02	34.1	0.02	1653.0	93.89	46.95	9.9	50.0	203.7	1189.7	999.6
8	3.67	38.5	4.69	291728.3	16570.17	8285.08	9.9	50.0	45098.0	194846.8	193201.9
9	3.33	44.5	4.67	236627.1	13440.42	6720.21	9.9	50.0	52546.8	127129.5	186946.3
10	11.99	67.7	31.65	695585.2	39509.24	19754.62	9.9	50.0	187314.6	-196864.5	1662682.0

Verifica di stabilità SLC - condizioni dinamiche lato sud profilatura di progetto

Algoritmo di calcolo di Janbu (1967)



SEZIONE DI PROGETTO N. 4 FRONTE DI SCAVO SUD – RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.	44.203222/9.699826
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2838.88 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1598.81 m
Ascissa vertice destro superiore xs	2867.56 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1612.32 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	A
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.4	2.51	0.22
S.L.D.	50.0	0.5	2.5	0.24
S.L.V.	475.0	1.24	2.41	0.29
S.L.C.	975.0	1.6	2.38	0.3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.48	0.2	0.0098	0.0049
S.L.D.	0.6	0.2	0.0122	0.0061
S.L.V.	1.488	0.29	0.044	0.022
S.L.C.	1.92	0.29	0.0568	0.0284

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0568
Coefficiente azione sismica verticale	0.0284

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	2832.05	1567.01
2	2832.8	1567.28
3	2833.8	1567.64
4	2834.8	1568.24
5	2837.34	1568.95
6	2838.47	1569.48
7	2839.81	1570.24
8	2841.82	1571.0
9	2844.82	1571.48
10	2847.83	1572.14
11	2848.53	1572.36
12	2850.72	1573.53
13	2855.99	1575.45
14	2857.21	1576.09
15	2867.45	1580.34
16	2881.73	1584.8
17	2885.35	1585.01
18	2889.5	1585.55
19	2895.76	1585.69
20	2915.1	1587.1
21	2915.64	1587.14
22	2919.3	1587.41
23	2922.63	1587.13
24	2923.79	1591.3
25	2924.1	1592.25
26	2924.64	1592.24
27	2928.97	1592.31
28	2931.44	1592.0
29	2933.32	1591.93
30	2934.0	1591.88
31	2936.0	1592.12
32	2937.84	1591.99
33	2939.67	1592.18

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	2832.07	1542.44
2	2841.04	1542.67
3	2855.7	1543.81
4	2861.32	1545.18
5	2879.48	1546.62
6	2889.66	1548.6
7	2896.65	1552.93
8	2900.29	1556.57
9	2904.78	1561.97
10	2908.35	1569.26
11	2911.84	1576.55
12	2914.27	1581.19
13	2917.84	1584.53
14	2922.86	1586.81
15	2939.72	1588.25

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	2832.05	1567.01
2	2832.8	1567.28
3	2833.8	1567.64
4	2834.8	1568.24
5	2835.34	1568.31
6	2837.34	1568.95
7	2838.47	1569.48
8	2839.81	1570.24
9	2841.82	1571.0
10	2844.82	1571.48
11	2845.44	1571.56
12	2848.38	1571.72
13	2848.41	1571.3
14	2848.73	1567.13
15	2851.2	1567.13
16	2851.34	1566.08
17	2852.56	1557.36
18	2852.59	1557.13
19	2855.42	1557.13
20	2856.55	1546.66
21	2856.84	1544.13
22	2897.62	1544.13
23	2898.37	1547.59
24	2899.66	1554.48
25	2905.79	1553.93
26	2905.91	1554.52
27	2906.37	1557.13
28	2908.43	1557.13
29	2909.26	1565.17
30	2909.46	1567.13
31	2911.52	1567.13
32	2912.45	1576.23
33	2912.55	1577.13
34	2914.6	1577.13
35	2915.22	1583.13
36	2915.62	1586.94
37	2915.64	1587.14
38	2919.3	1587.41
39	2922.63	1587.13
40	2923.79	1591.3
41	2924.1	1592.25
42	2924.64	1592.24
43	2928.97	1592.31
44	2931.44	1592.0
45	2933.32	1591.93
46	2934.0	1591.88
47	2936.0	1592.12
48	2937.84	1591.99
49	2939.67	1592.18

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	0.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25

Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno No
========== =

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0.03		30	1900	2100.00	riporto	
2	24		28.5	2700	2800	travertino	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

Fs minimo individuato 1.19
Ascissa centro superficie 2847.49 m
Ordinata centro superficie 1606.91 m
Raggio superficie 35.1 m

==========

Numero di superfici esaminate....(212)

==========

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	2838.9	1598.8	29.3	120.43
2	2840.3	1599.5	30.2	62.99
3	2841.8	1598.8	29.9	40.46
4	2844.6	1598.8	30.8	19.28
5	2846.1	1599.5	32.0	14.68
6	2847.5	1598.8	24.9	3.24
7	2848.9	1599.5	26.0	1.36
8	2850.4	1598.8	25.9	1.21
9	2851.8	1599.5	27.1	1.19
10	2853.2	1598.8	27.1	1.21
11	2854.7	1599.5	28.2	1.23
12	2856.1	1598.8	24.4	1.24
13	2857.5	1599.5	25.5	1.26
14	2859.0	1598.8	25.6	1.28
15	2860.4	1599.5	26.0	1.30
16	2861.8	1598.8	25.7	1.33
17	2863.3	1599.5	25.9	1.38
18	2864.7	1598.8	21.7	1.41
19	2866.1	1599.5	21.6	1.45
20	2867.6	1598.8	21.5	1.47
21	2838.9	1600.2	30.6	109.41
22	2841.8	1600.2	31.2	37.90
23	2843.2	1600.8	28.9	1.62
24	2844.6	1600.2	32.1	18.62
25	2846.1	1600.8	33.1	14.39
26	2847.5	1600.2	26.2	2.76
27	2848.9	1600.8	26.9	1.50
28	2850.4	1600.2	27.1	1.22
29	2851.8	1600.8	27.8	1.21
30	2853.2	1600.2	28.0	1.21
31	2854.7	1600.8	28.7	1.23
32	2856.1	1600.2	29.0	1.25
33	2857.5	1600.8	29.8	1.27
34	2859.0	1600.2	26.0	1.28
35	2860.4	1600.8	26.3	1.31
36	2861.8	1600.2	26.1	1.33
37	2863.3	1600.8	30.8	1.47
38	2864.7	1600.2	26.0	1.41

39	2866.1	1600.8	26.6	1.49
40	2867.6	1600.2	21.7	1.49
41	2840.3	1602.2	32.6	62.99
42	2841.8	1601.5	32.4	37.35
43	2843.2	1602.2	29.7	3.77
44	2844.6	1601.5	29.6	1.33
45	2846.1	1602.2	30.4	1.23
46	2847.5	1601.5	34.1	11.78
47	2848.9	1602.2	35.1	11.38
48	2850.4	1601.5	27.5	1.30
49	2851.8	1602.2	28.3	1.24
50	2853.2	1601.5	28.4	1.23
51	2854.7	1602.2	29.4	1.24
52	2856.1	1601.5	29.5	1.25
53	2857.5	1602.2	30.7	1.27
54	2859.0	1601.5	26.4	1.30
55	2860.4	1602.2	27.6	1.31
56	2861.8	1601.5	27.0	1.34
57	2863.3	1602.2	27.8	1.40
58	2864.7	1601.5	27.2	1.43
59	2866.1	1602.2	23.6	1.49
60	2867.6	1601.5	23.0	1.50
61	2838.9	1602.9	32.9	115.53
62	2840.3	1603.5	33.7	67.74
63	2841.8	1602.9	33.5	41.07
64	2844.6	1602.9	30.4	1.52
65	2846.1	1603.5	31.5	1.24
66	2847.5	1602.9	35.2	11.74
67	2848.9	1603.5	36.3	9.65
68	2850.4	1602.9	28.4	1.41
69	2851.8	1603.5	29.5	1.25
70	2853.2	1602.9	29.5	1.22
71	2854.7	1603.5	30.6	1.24
72	2856.1	1602.9	30.6	1.25
73	2857.5	1603.5	31.8	1.27
74	2859.0	1602.9	27.6	1.30
75	2860.4	1603.5	28.8	1.32
76	2861.8	1602.9	28.4	1.35
77	2863.3	1603.5	29.1	1.40
78	2864.7	1602.9	28.5	1.44
79	2866.1	1603.5	24.9	1.49
80	2867.6	1602.9	24.3	1.51
81	2838.9	1604.2	34.1	121.44
82	2840.3	1604.9	35.0	62.73
83	2841.8	1604.2	34.7	39.89
84	2843.2	1604.9	35.7	27.17
85	2844.6	1604.2	31.7	1.50
86	2846.1	1604.9	32.7	1.23
87	2847.5	1604.2	32.6	4.36
88	2848.9	1604.9	33.7	11.84
89	2850.4	1604.2	29.6	1.40
90	2851.8	1604.9	30.8	1.25
91	2853.2	1604.2	30.7	1.23
92	2854.7	1604.9	31.8	1.24
93	2856.1	1604.2	31.8	1.26
94	2857.5	1604.9	33.0	1.28
95	2859.0	1604.2	28.8	1.31
96	2860.4	1604.9	30.0	1.33
97	2861.8	1604.2	29.7	1.36
98	2863.3	1604.9	30.4	1.42
99	2864.7	1604.2	29.8	1.45
100	2866.1	1604.9	26.3	1.50
101	2867.6	1604.2	25.7	1.52

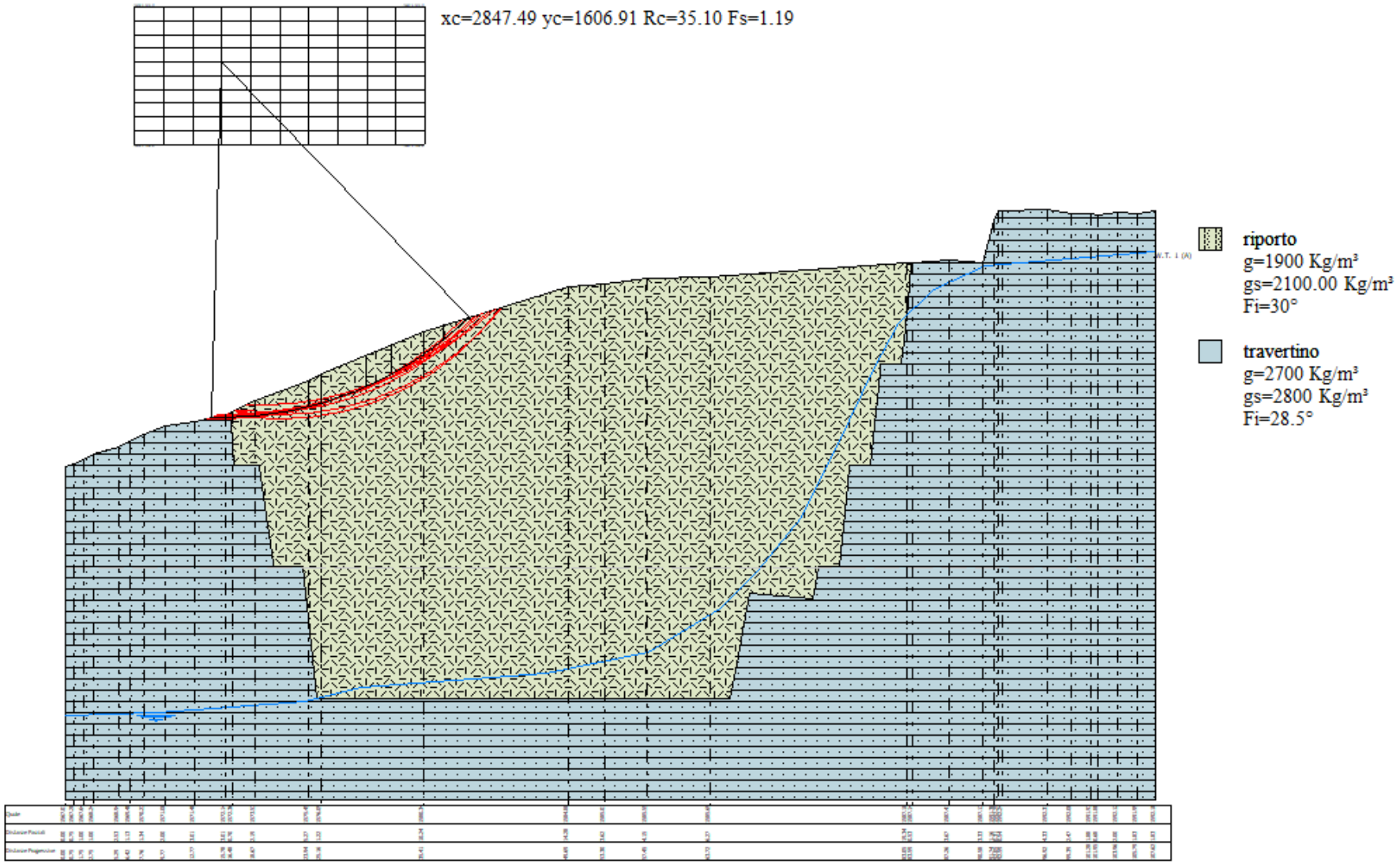
102	2838.9	1605.6	35.4	117.39
103	2840.3	1606.2	36.4	58.37
104	2844.6	1605.6	33.0	1.48
105	2846.1	1606.2	34.0	1.23
106	2847.5	1605.6	33.8	1.19
107	2848.9	1606.2	38.8	9.31
108	2850.4	1605.6	30.9	1.40
109	2851.8	1606.2	32.0	1.26
110	2853.2	1605.6	31.9	1.23
111	2854.7	1606.2	33.1	1.25
112	2856.1	1605.6	33.0	1.26
113	2857.5	1606.2	34.2	1.29
114	2859.0	1605.6	30.0	1.32
115	2860.4	1606.2	31.2	1.33
116	2861.8	1605.6	31.1	1.37
117	2863.3	1606.2	31.8	1.43
118	2864.7	1605.6	31.2	1.46
119	2866.1	1606.2	27.6	1.51
120	2867.6	1605.6	27.0	1.54
121	2838.9	1606.9	36.8	104.89
122	2840.3	1607.6	37.7	54.06
123	2841.8	1606.9	37.3	35.56
124	2843.2	1607.6	38.3	25.23
125	2844.6	1606.9	34.3	1.45
126	2846.1	1607.6	35.3	1.22
127	2847.5	1606.9	35.1	1.19
128	2848.9	1607.6	40.1	9.18
129	2850.4	1606.9	32.1	1.40
130	2851.8	1607.6	33.3	1.27
131	2853.2	1606.9	33.1	1.24
132	2854.7	1607.6	34.3	1.25
133	2856.1	1606.9	34.2	1.26
134	2857.5	1607.6	35.4	1.29
135	2859.0	1606.9	31.2	1.33
136	2860.4	1607.6	32.3	1.33
137	2861.8	1606.9	32.3	1.38
138	2863.3	1607.6	33.1	1.44
139	2864.7	1606.9	32.5	1.47
140	2866.1	1607.6	29.0	1.52
141	2867.6	1606.9	28.4	1.56
142	2840.3	1608.9	39.0	50.33
143	2841.8	1608.3	38.6	33.62
144	2843.2	1608.9	35.9	5.13
145	2844.6	1608.3	35.6	1.42
146	2846.1	1608.9	36.6	1.22
147	2847.5	1608.3	36.4	1.19
148	2848.9	1608.9	41.3	9.10
149	2850.4	1608.3	33.4	1.40
150	2851.8	1608.9	34.5	1.27
151	2853.2	1608.3	34.4	1.25
152	2854.7	1608.9	35.5	1.25
153	2856.1	1608.3	35.5	1.26
154	2857.5	1608.9	36.6	1.30
155	2859.0	1608.3	32.4	1.34
156	2860.4	1608.9	33.6	1.34
157	2861.8	1608.3	33.5	1.39
158	2863.3	1608.9	34.5	1.45
159	2864.7	1608.3	33.9	1.48
160	2866.1	1608.9	30.3	1.52
161	2867.6	1608.3	29.7	1.58
162	2838.9	1609.6	39.4	86.44
163	2840.3	1610.3	40.3	46.78
164	2841.8	1609.6	40.0	32.13

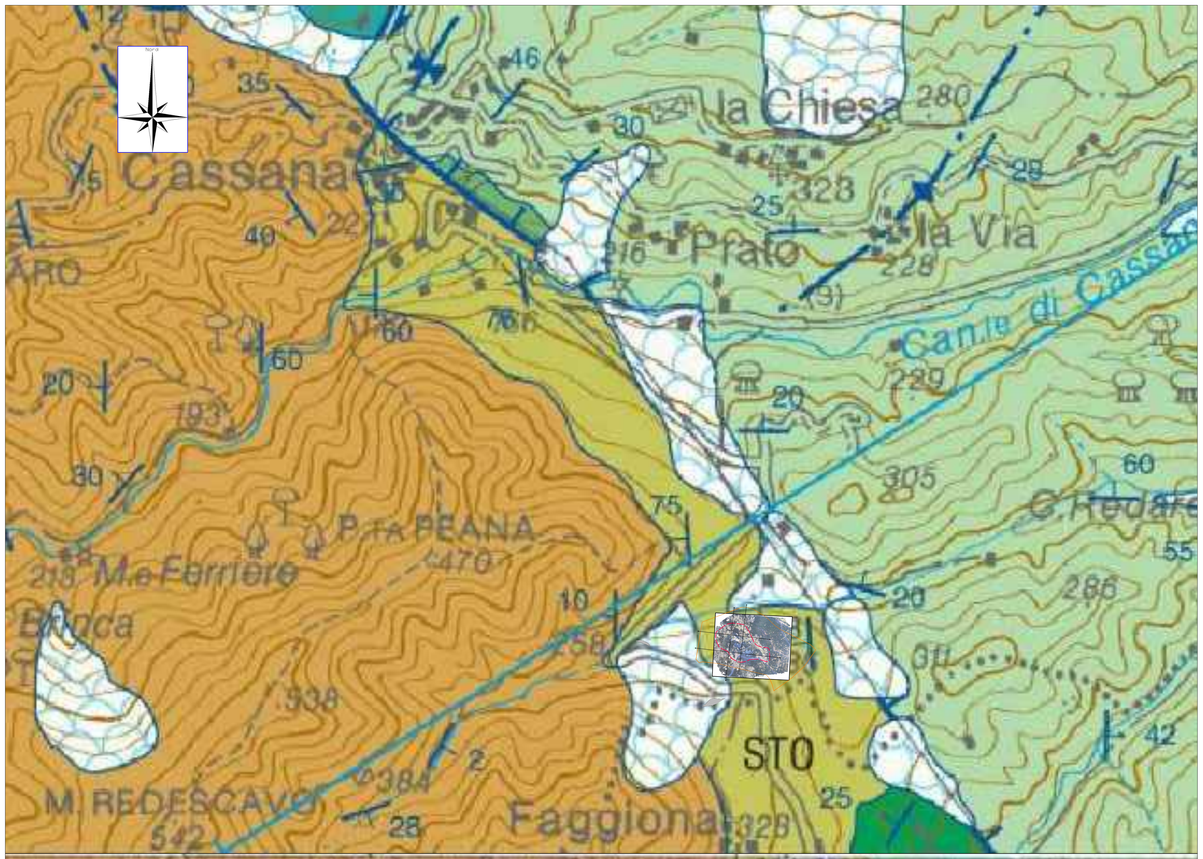
165	2843.2	1610.3	37.2	3.27
166	2844.6	1609.6	36.9	1.40
167	2846.1	1610.3	37.9	1.22
168	2847.5	1609.6	37.7	1.19
169	2848.9	1610.3	38.7	8.79
170	2850.4	1609.6	34.7	1.40
171	2851.8	1610.3	35.8	1.28
172	2853.2	1609.6	35.6	1.25
173	2854.7	1610.3	36.8	1.25
174	2856.1	1609.6	36.7	1.27
175	2857.5	1610.3	37.8	1.31
176	2859.0	1609.6	33.6	1.34
177	2860.4	1610.3	34.8	1.35
178	2861.8	1609.6	34.7	1.40
179	2863.3	1610.3	35.8	1.46
180	2864.7	1609.6	35.2	1.48
181	2866.1	1610.3	31.7	1.54
182	2867.6	1609.6	31.1	1.59
183	2838.9	1611.0	40.8	72.73
184	2840.3	1611.6	41.7	43.75
185	2843.2	1611.6	38.5	2.60
186	2844.6	1611.0	38.2	1.38
187	2846.1	1611.6	39.2	1.22
188	2847.5	1611.0	38.9	1.20
189	2848.9	1611.6	40.0	3.15
190	2850.4	1611.0	35.9	1.40
191	2851.8	1611.6	37.0	1.29
192	2853.2	1611.0	36.9	1.26
193	2854.7	1611.6	38.0	1.26
194	2856.1	1611.0	37.9	1.27
195	2857.5	1611.6	39.1	1.31
196	2859.0	1611.0	34.8	1.34
197	2860.4	1611.6	36.0	1.36
198	2861.8	1611.0	35.9	1.40
199	2863.3	1611.6	37.1	1.48
200	2864.7	1611.0	32.2	1.52
201	2866.1	1611.6	33.0	1.56
202	2867.6	1611.0	32.4	1.60
203	2838.9	1612.3	42.1	66.53
204	2844.6	1612.3	39.5	1.36
205	2847.5	1612.3	40.2	1.20
206	2850.4	1612.3	37.2	1.41
207	2853.2	1612.3	38.1	1.26
208	2856.1	1612.3	39.1	1.28
209	2859.0	1612.3	36.1	1.35
210	2861.8	1612.3	37.1	1.41
211	2864.7	1612.3	33.6	1.53
212	2867.6	1612.3	33.8	1.62

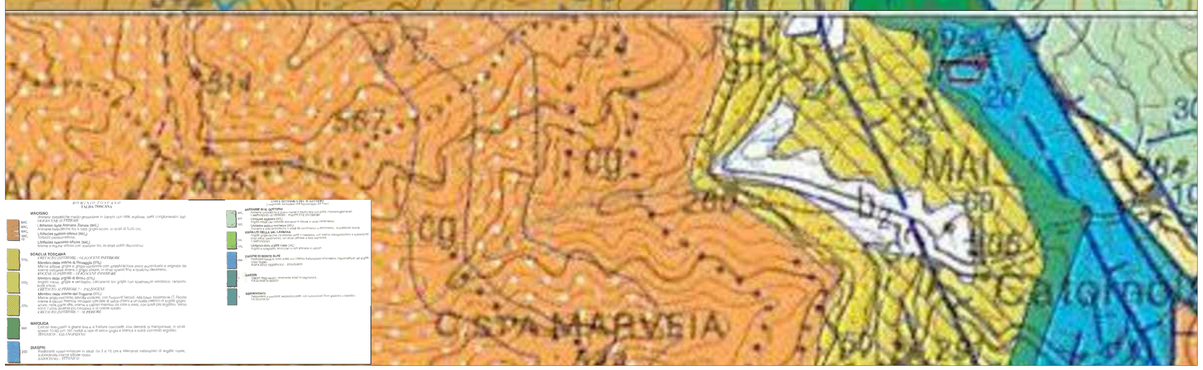
==========

Verifica di stabilità tipo SLC - condizioni dinamiche - lato sud profilatura di progetto e riqualificazione ambientale

Algoritmo di calcolo MorgensternPrice







Note generali

Ortofoto dell'area estrattiva

limite del Piano cave

tracce di sezione

limite area d'intervento

EQUIDISTANZA curve di livello = 0,5 m.

N.	Revisione/Creazione	Data
	CARTA GEOLOGICA	05/05/2020
Tav. 1	PIANTA A CURVE DI LIVELLO	

Luca Marmi S.r.l.s
via XX Settembre, 57/bis
54033 - Carrara MS
CF/PI: 01377180458

Dott. Geol. Marco ROSSI
C.so Destefanis, 44/21 - 16139 Genova (GE)
Cell. 338 4101829

Dott. Geol. Guido CARIERI
Via dei Gerani, 13 - 17054 Boissano (SV)
Cell. 348 1520670

PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA "PESCINA", IN COMUNE DI BORGHETTO DI VARA
SITUAZIONE ATTUALE CON SOVRAPPOSIZIONE PROGETTO APPROVATO

Revisione	Foglio
Data: 05.05.2022	TAV. 1 GEO
Scala: 1: 5000	

39	2866.1	1600.8	26.6	1.49
40	2867.6	1600.2	21.7	1.49
41	2840.3	1602.2	32.6	62.99
42	2841.8	1601.5	32.4	37.35
43	2843.2	1602.2	29.7	3.77
44	2844.6	1601.5	29.6	1.33
45	2846.1	1602.2	30.4	1.23
46	2847.5	1601.5	34.1	11.78
47	2848.9	1602.2	35.1	11.38
48	2850.4	1601.5	27.5	1.30
49	2851.8	1602.2	28.3	1.24
50	2853.2	1601.5	28.4	1.23
51	2854.7	1602.2	29.4	1.24
52	2856.1	1601.5	29.5	1.25
53	2857.5	1602.2	30.7	1.27
54	2859.0	1601.5	26.4	1.30
55	2860.4	1602.2	27.6	1.31
56	2861.8	1601.5	27.0	1.34
57	2863.3	1602.2	27.8	1.40
58	2864.7	1601.5	27.2	1.43
59	2866.1	1602.2	23.6	1.49
60	2867.6	1601.5	23.0	1.50
61	2838.9	1602.9	32.9	115.53
62	2840.3	1603.5	33.7	67.74
63	2841.8	1602.9	33.5	41.07
64	2844.6	1602.9	30.4	1.52
65	2846.1	1603.5	31.5	1.24
66	2847.5	1602.9	35.2	11.74
67	2848.9	1603.5	36.3	9.65
68	2850.4	1602.9	28.4	1.41
69	2851.8	1603.5	29.5	1.25
70	2853.2	1602.9	29.5	1.22
71	2854.7	1603.5	30.6	1.24
72	2856.1	1602.9	30.6	1.25
73	2857.5	1603.5	31.8	1.27
74	2859.0	1602.9	27.6	1.30
75	2860.4	1603.5	28.8	1.32
76	2861.8	1602.9	28.4	1.35
77	2863.3	1603.5	29.1	1.40
78	2864.7	1602.9	28.5	1.44
79	2866.1	1603.5	24.9	1.49
80	2867.6	1602.9	24.3	1.51
81	2838.9	1604.2	34.1	121.44
82	2840.3	1604.9	35.0	62.73
83	2841.8	1604.2	34.7	39.89
84	2843.2	1604.9	35.7	27.17
85	2844.6	1604.2	31.7	1.50
86	2846.1	1604.9	32.7	1.23
87	2847.5	1604.2	32.6	4.36
88	2848.9	1604.9	33.7	11.84
89	2850.4	1604.2	29.6	1.40
90	2851.8	1604.9	30.8	1.25
91	2853.2	1604.2	30.7	1.23
92	2854.7	1604.9	31.8	1.24
93	2856.1	1604.2	31.8	1.26
94	2857.5	1604.9	33.0	1.28
95	2859.0	1604.2	28.8	1.31
96	2860.4	1604.9	30.0	1.33
97	2861.8	1604.2	29.7	1.36
98	2863.3	1604.9	30.4	1.42
99	2864.7	1604.2	29.8	1.45
100	2866.1	1604.9	26.3	1.50
101	2867.6	1604.2	25.7	1.52