STUDIO di GEOLOGIA TECNICA dott. geol. GUIDO CARIERI

COMMITTENTE: FRANTOI SRL.

COMUNE: GENOVA

LOCALITA': MOLASSANA

OGGETTO: RELAZIONE DI SINTESI DEL MODELLO GEOLOGICO – STRUTTURALE

ISTANZA DI RINNOVO AUTORIZZAZIONE AL PIANO DI COLTIVAZIONE DEL COMPLESSO ESTRATTIVO DENOMINATO "CAVA MONTANASCO"



DATA: Febbraio 2017

Via delle Ginestre , 8 a 17054 BOISSANO (Sv); tel./fax 0182989633; e-mail: guido@carieri.com P.I. 01211680093

INDICE

NORMATIVA 3
PREMESSA: 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
Caratteri generali e geologia del territorio 5
Geomorfologia della zona. 5
Unità geologiche, litologiche e strutturali 6
RILIEVO GEOMECCANICO 9
Note sui metodi di classificazione utilizzati per la valutazione qualitativa del litotipo. 12
Sintesi dell'analisi del GSI e calcolo dei valori medi dei parametri geotecnici di resistenza a taglio attribuiti all'ammasso roccioso 13
INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO 16
Categoria topografica 17
Individuazione della pericolisita' sismica del sito 17
CONCLUSIONI 19
ALLEGATI AL TESTO 21
ALLEGATI FUORI TESTO 21

NORMATIVA

- D.M. 14/01/2008-Testo Unitario Norme tecniche per le costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" Circolare 2 febbraio 2009
- Consiglio superiore dei lavori pubblici - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007
- Eurocodice 8 (1998)-Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture (parte 5): Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- Eurocodice 7.1- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.2- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.3-Progettazione geotecnica
- L.R.L. n.63/2009-Vincolo idrogeologico
- Dlgs.n.152/2006, Dlgs n.4/2008, Decreto anticrisi, DGR n. 859/2008-Criteri per la gestione e l'utilizzo di terre e rocce da scavo; Decreto 10 agosto 2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo."
- D.C.P. n. 62 del 4/12/2001 e successive "Norme d'Applicazione del Piano di Bacino del T. Bisagno"; Allegato n. 4 "Schede delle attività estrattive";
- D.G.R. 19/11/2010 n. 1360 "L.r. 58/2009, art. 3. **c**riteri dell'Autorità di Bacino regionale in merito alla definizione della significatività idraulica dei corsi d'acqua nella pianificazione di bacino e alla normativa associata"
- D.G.R. 19/11/2010 n. 1362 "D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria. BURL N. 50 DEL 15/12/2010 parte II"
- Regolamento regionale 14 Luglio 2011 n.3 "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua"
- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29.07.2011 N. 989, Autorità di Bacino regionale ex l.r. 58/2009. Modifiche ed integrazioni ai criteri per la redazione della normativa dei piani di bacino per l'assetto idrogeologico di cui alla DGR 357/2001 e ss.mm.

PREMESSA

La presente è parte del corredo di progetto della variante al programma di coltivazione in oggi autorizzato (DGR n° 183/2003) per lo sfruttamento estrattivo e la riqualificazione ambientale della cava di calcare denominata "MONTANASCO" in Comune di Genova (GE), della Ditta FRANTOI S.r.l.

La ditta Committente ha presentato al competente SUAP, a norma dell'art. 11 della l.r. N° 12/2012, apposita istanza di autorizzazione per l'ottenimento del rinnovo delle autorizzazioni necessarie alla prosecuzione dell'esercizio estrattivo della cava.

L'esame istruttorio della documentazione allegata alla citata istanza ha comportato la richiesta di predisposizione di specifiche integrazioni fra le quali le "Verifiche di stabilità di cui al D.M. 14.01.2008 sui fronti di coltivazione con particolare riferimento alle zone che devono essere ancora interessate dalla coltivazione".

A seguito delle analisi e delle verifiche eseguite è emerso che:
"L'area di cava allo stato attuale presenta condizioni di sicurezza all'interno dei settori attualmente coltivati ed a fine ciclo. Lungo il fronte orientale del sito estrattivo, viceversa, si evidenziano situazioni di dissesto geomorfologico attive, interessanti i terreni detritici eluvio-colluviali di copertura del substrato roccioso in posto, che presuppongono la realizzazione d'interventi di sistemazione e messa in sicurezza del tratto apicale del versante, considerati propedeutici ed indifferibili per garantire il prosieguo delle attività di coltivazione."
Da quanto sopra è derivata l'impossibilità di eseguire completamente, per questo settore di cava, il progetto di coltivazione in oggi approvato con la DGR n° 183/2003, del quale era stato richiesto il rinnovo, con conseguente necessità di predisposizione di un apposito e specifico progetto di variante che definisca sia le modalità di completamento dell'intervento estrattivo nelle porzioni di cava ancora sfruttabili, che gli interventi di sistemazione dei dissesti idrogeologici censiti nel settore orientale della cava medesima verificatisi a seguito degli eventi alluvionali del novembre 2011.

La presente relazione descrive gli inquadramenti di natura geologico-strutturale del sito adibito ad attività estrattiva, descrivendo le attività di rilevamento strutturale e geomeccanico svolte sui fronti in coltivazione e dettagliando gli esiti delle attività medesime attraverso l'analisi di classificazione geomeccanica sulle singole aree di rilevamento strutturale (ARS da 1 a 6; vd. Tav. n. 2 – "carta geologico strutturale, sc. 1: 500).
Nell'ambito del presente documento si sviluppano le analisi di stabilità all'equilibrio limite lungo le sezioni trasversali ai fronti in coltivazione ed in particolare lungo il fronte Est della cava in buona parte ancora da coltivare. Le sezioni in analisi sono desunte dal rilievo strumentale plano-altimetrico di dettaglio eseguito nel mese di ottobre 2012 in aggiornamento del preesistente rilievo della cava.
L'elaborato topografico è stato inserito nella carta tecnica regionale vettoriale georiferita, acquistata c/o lo Sportello Cartografico della Regione Liguria, tav. n. 213122, in sc. 1: 5.000, avendo effettuato la trasformazione delle coordinate ellissoidiche del rilievo (sistema WGS84) nel sistema Gauss-Boaga, Roma 40 della CTR regionale.

Le attività di studio svolte nel presente incarico hanno condotto alla predisposizione dei seguenti elaborati di sintesi:

- Relazione di sintesi del modello geologico strutturale delle aree di cava;
- Relazione di sintesi del modello geotecnico della cava di calcare loc. Montanasco;
- Tav. n. 1 – rilievo plano-altimetrico in sc. 1: 500
- Tav. n. 2 – carta geologico strutturale in sc. 1: 500;
- Tav. n. 3 – carta della qualità dell'ammasso roccioso in sc. 1: 500;
- Tav. n. 4 - sezioni topografiche, sc: 1: 1.000
- Tav. n. 5 – sezioni geologico strutturali, sc 1: 1.000.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Caratteri generali e geologia del territorio

Il complesso estrattivo è situato all'interno della Formazione dei Calcari del M. Antola, i cui terreni sono assegnati all'intervallo Cretaceo superiore – Paleocene, periodo in cui la variazione del regime dinamico dovuto al movimento di "chiusura" dell'Oceano ligure piemontese ha determinato la deposizione di sedimenti marini per correnti di torbida, mobilitate da sismi o frane sottomarine e sedimentate sul fondale oceanico, alle quali si alternavano le deposizioni di materiali fini.
Queste sequenze flyschioidi furono coinvolte in parte nell'orogenesi alpina ed in parte nella fase successiva dell'orogenesi appenninica assumendo pertanto polarità delle falde di ricoprimento con vergenze opposte. La Formazione dei Calcari del M. Antola, essendo al limite tra le due vergenze, è stata coinvolta da entrambe le fasi e risulta piegata e fratturata secondo i due differenti eventi di deformazione plicativa e di tettonica fragile. Gli eventi descritti fanno sì che si osservi frequentemente una sequenza sedimentaria "rovesciata".

Geomorfologia della zona.

Il tratto di versante su cui insiste l'area di cava è situata a sud rispetto all'abitato di Molassana, in orografica sinistra del Torrente Bisagno, all'interno di una probabile zona d'espansione del corso d'acqua (terrazzo alluvionale).
Attualmente, l'area di cava vera e propria si sviluppa da quota 73 m s.l.m. fino a circa quota 290 m s.l.m., lungo un tratto di versante avente esposizione N-NW, in un contesto privo di insediamenti residenziali, escludendo l'abitato di Molassana che si sviluppa interamente in sponda orografica destra del T. Bisagno.

Nella fascia altimetrica ricompresa tra i 60 ed i 70 m. l.m.m. trovano luogo gli impianti di frantumazione e di lavorazione degli inerti, nonché gli uffici dell'azienda.

Il tratto di versante a monte del fronte di cava è attualmente contraddistinto da una copertura a bosco abbastanza fitto, costituita da castagno, frassino ed ontano ed in presenza di essenze quali il carpino ed il querciolo.

Negli anni passati si è registrata l'insorgenza di fenomeni di dissesto gravitativo interessanti unicamente la frazione detritica ed eluviale del substrato roccioso, fenomeni riconducibili certamente a carenze nel sistema di regimazione delle acque di precipitazione meteorica lungo il perimetro a monte della cava, all'elevata acclività dei tratti in scarpata non coltivati, all'elevato disturbo tettonico che caratterizza l'area di cava, ed in ultimo alla presenza di un'abbondante frazione limo-argillosa, costituente la matrice, che ingloba la frazione detritica grossolana.

Anche la giacitura della stratificazione assume un suo ruolo nel determinare condizioni predisponenti al dissesto lungo il settore orientale del polo estrattivo, assumendo una giacitura a franappoggio rispetto al versante.

In oggi, tali evidenze di dissesto interessano prevalentemente il fronte E-NE dei fronti della cava, zona in cui l'estensione del corpo di frana assume proporzioni importanti ed uno stato di attività fortemente condizionato dalle variazioni di pressione interstiziale all'interno del substrato milonitizzato, costituente in questo settore un orizzonte di copertura mediamente potente (superiore ai 3 m.). Mediante il rilevamento topografico strumentale di dettaglio è stato possibile cartografare la geometria delle principali discontinuità orografiche lungo il profilo di superficie della scarpata che sono riportate nell'elaborato grafico allegato (vd. Tav. n. 1 – "Rilievo plano-altimetrico" in sc. 1: 500).

All'interno del corpo della cava esiste, inoltre, un movimento gravitativo alla scala locale, ubicato lungo la pista di arroccamento esistente, tra i tornanti di cui alle quote 93 m. (tratto a valle) e 130 m. (tratto a monte), che con ogni probabilità ha avuto origine da un deflusso concentrato di acque di pioggia proveniente dal versante a monte, in occasione dell'evento alluvionale del 2011 che ha investito il Comune di Genova nel mese di novembre del 2011. Le acque si sono incanalate lungo la rotabile posta a monte del tratto di scarpata in dissesto, che in quel preciso punto cambiava inclinazione assumendo una curvatura ed una pendenza verso valle.

A seguito del movimento gravitativo di massa la coltre superficiale è parzialmente collassata depositandosi al piede del tratto in scarpata, lasciando la roccia pressoché priva anche del cappellaccio di alterazione.

Il polo estrattivo è morfologicamente caratterizzato dal piazzale di cava ad andamento sub-orizzontale, ricompreso tra quota 70 e quota 73, racchiuso a monte dal fronte coltivato, avente sviluppo verticale variabile da pochi metri fino a circa 220 m. e pendenza elevata ($45° < \beta < 65°$).

Il fronte si presenta ad anfiteatro, con conseguente valore variabile della direzione dell'immersione:

1. settore ovest con immersione N-NE a fine ciclo e parzialmente stralciato dall'area di cava
2. settore centrale con immersione N attualmente in coltivazione
3. settore est con immersione W-NW oggetto degli interventi di bonifica dei fenomeni di dissesto gravitativo.
4. L'intera area E-SE interessata dall'ampliamento del sito estrattivo attualmente risulta boscato e privo di qualsiasi intervento di riprofilatura previsto dal progetto autorizzato (Tavv. 2 e 4 p.v. in sc. 1: 500).

Interventi di sistemazione dei dissesti geomorfologici in analisi

Versante in dissesto a monte del gradone a quota 145 m. lungo il fianco SE dell'anfiteatro di cava

A monte del gradone sviluppantesi a quota 145,0 m. l.m.m. e spostandosi dal settore centrale in direzione N, sino a raggiungere il gradone a quota 145,0 m.l.m.m., l'area in dissesto assume una superficie pari a circa 2 ha. Si coglie l'occasione per sottolineare che l'intera area sarà sistemata mediante la realizzazione d'interventi di:

1) captazione e regimazione delle acque di deflusso superficiali, evitandone il ruscellamento incontrollato lungo il tratto di declivio in dissesto;
2) ceduazione della copertura arborea instabile ed instabilizzante per il suolo d'attecchimento, lungo l'intero ciglio superiore della scarpata a monte del gradone esistente a quota 145 m.;
3) alla regolarizzazione del profilo di superficie mediante l'impiego di scavatore dotato di stabilizzatori per i lavori lungo scarpata (ragno), con parziale compensazione degli sterri/riporti nella formazione di una berma in terra che diviene funzionale all'attecchimento delle essenze vegetali previste nelle operazioni di bonifica e di riqualificazione ambientale dei gradoni a fine coltivazione;
4) sistemazione dei tronchi delle piante tagliate, provenienti dagli interventi di ceduazione che verranno svolti a carico della componente vegetale lungo il ciglio superiore della scarpata, nella formazione di basse palizzate. Le ragguardevoli dimensioni che spesso caratterizzano questi tronchi garantiscono un buon ostacolo alla laminazione superficiale, ed una elevata durabilità dell'opera. I tronchi verranno ancorati al suolo a mezzo di picchetti in ferro del diametro minimo di 15 - 20 mm, che dovranno avere un'altezza fuori terra almeno pari al

diametro del tronco che dovranno sostenere, ed una profondità di ancoraggio variabile tra 25 e 40 cm.

Dissesto gravitativo per traslazione alla scala locale lungo l'attuale pista di arroccamento a servizio della cava

La soluzione progettuale che si intende adottare per la messa in sicurezza della scarpata mira a risolvere la mancata regimazione delle acque di scorrimento superficiali, allontanando le stesse dall'area di frana.

Per ottenere i risultati voluti si prevede la posa in opera di una canaletta di raccolta acque lungo il lato a monte della pista di arroccamento (tratto ricompreso tra quota 140 e 120 m.), evitando che le acque si riversino sulla testa del corpo di frana. Sarà a tale fine necessario riprofilare il tracciato della pista attribuendo alla stessa una lieve contropendenza verso monte.

Contestualmente si prevede di operare un disgaggio della zona di coronamento del dissesto, abbattendo le porzioni di detrito ed i massi pericolanti, attraverso un lieve scoronamento del tratto apicale della scarpata.

L'intervento di ampliamento del fronte estrattivo a tutto il tratto di versante E-SE rispetto all'attuale fronte d'attacco, consentirà di ridurre il corpo franoso ponendolo in sicurezza mediante la profilatura dei nuovi gradoni (gradoni a quota variabile tra i 130 ed i 100 m.l.m.m).

Unità geologiche, litologiche e strutturali

Nella Formazione dei Calcari dell'Antola si riconosce un clivaggio di frattura, connesso all'attività plicativa, oltre ad almeno altri quattro sistemi di frattura legati all'orogenesi appenninica ed all'apertura dell'attuale mar Ligure (Miocene e Pliocene, 2-20 milioni di anni fa), con mineralizzazioni calcitiche e quarzitiche. Si riconoscono fenomeni di tettonica selettiva sui diversi litotipi (più tenaci i calcari e le arenarie, soggetti a pieghe a più largo raggio ed a fratture; più tenere le marne e le argille, soggette a deformazioni plastiche e pieghe parassite) e fenomeni di erosione selettiva, più evidente sui litotipi più teneri, che determinano importanti effetti sulla formazione morfologica del rilievo e sulla circolazione delle acque sotterranee.

La Formazione dell'Antola sovrasta, sia tettonicamente che stratigraficamente, la Formazione delle Argilliti di Montoggio ("complesso di base") che risulta costituita da argille varicolori con patine superficiali di minerali metallici (soprattutto Fe e Mn), ed ha costituito il livello di scollamento della falda dell'Antola. Il contrasto tra la sovrastante formazione più rigida e fratturata e la sottostante,

più tenera e plastica, determina tipiche forme del rilievo con evidenti salti di pendio e costituisce un altrettanto tipico dispositivo idrogeologico con presenza diffusa, al contatto, di emergenze d'acqua, sorgenti, impregnazioni e dissesto idrogeologico.

Localmente il litotipo è rappresentato da calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose in sequenze ritmiche ripetute. Lungo la stratificazione si identificano interstrati argillosi ad aspetto scistoso in corrispondenza dei quali si individuano venute d'acqua anche abbondanti.
La coltre di alterazione, costituita da detrito roccioso a grani angolosi immersi in matrice limoso-argillosa, risulta essere presente sia nel settore sommitale del fronte sud occidentale della cava, settore in cui la potenza del detrito risulta limitata (da 1 a 3 m.) e nel quale l'attività estrattiva risulta conclusa, sia nei settori centrale ed in quello orientale. Gli spessori più rilevanti sono individuati lungo il tratto nord orientale del fronte dove le coltri detritico-colluviali sono interessate da ampi fenomeni di dissesto gravitativo a cinematica prevalentemente traslazionale e rototraslazionale, facilmente individuabili per la presenza di ampie nicchie di distacco a coronamento delle aree di versante in dissesto.
L'attività tettonica deformativa è ben evidenziata sul fronte di cava dalla presenza di un gran numero di strutture plicative alla piccola e media scala, contraddistinte da assi di simmetria a prevalente orientamento NE-SW, a bassa inclinazione (vd. Tav. n. 2 – Carta geologico-strutturale, in sc. 1: 5.00), che risultano associate a sistemi di piega aventi giacitura degli assi W e S-SE suborizzontali.
Il processo plicativo si associa con linee di discontinuità strutturale indotte dall'evoluzione dello stato di deformazione plastica dell'ammasso roccioso, determinando l'insorgenza di veri e propri sistemi di pieghe/faglie (vd. ARS n. 1 e 4, Tav. n. 2), in presenza di cerniere di piega isoclinali rovesciate ed a raggio di curvatura ridotto.
Nella zona centrale del settore orientale della cava nel tratto di scarpata ricompresa tra i 110 ed i 140 m. l.m.m. si osserva una struttura a "ginocchio" di grandi dimensioni, individuata in prossimità dell'ARS n. 3, avente piano di simmetria assiale orientato S-SE ed inclinato di circa 30° sull'orizzontale.
L'ammasso roccioso risulta nel suo complesso fortemente tettonizzato, per la presenza di due pronunciate discontinuità tettoniche, la prima individuabile nella porzione orientale del fronte di cava ancora da coltivare, avente andamento NE-SW, la seconda con orientamento N-S presente nel settore occidentale nella porzione medio bassa del fronte a fine ciclo.
Lungo le due superfici si osserva un netto scadimento della qualità dell'ammasso roccioso, con formazione di ampie fasce milonitiche, dove la destrutturazione della roccia stratificata produce un

detrito di faglia avente pezzatura variabile, da media a grossolana, ed i cui frammenti litoidi presentano contorni a spigoli vivi, risultando immersi in una matrice fine di natura limo-argillosa. Per quel che riguarda l'idrogeologia, si rileva che l'ammasso roccioso presenta un'elevata permeabilità per fratturazione, con fenomeni abbondanti di percolazione superficiale indotti dalla presenza di orizzonti interstrato a minor permeabilità visibili in quasi tutti i settori della cava, ma maggiormente presenti lungo il settore occidentale della medesima.

Nel settore centrale del fronte in coltivazione è presente un canale scavato direttamente in roccia, a partire da quota 225 m.l.m.m., che raccoglie le acque di superficie di un colatore naturale ubicato a monte, restituendole lungo il gradone a quota 150,0 m. l.m.m. e successivamente verso l'area centrale dell'anfiteatro di cava.

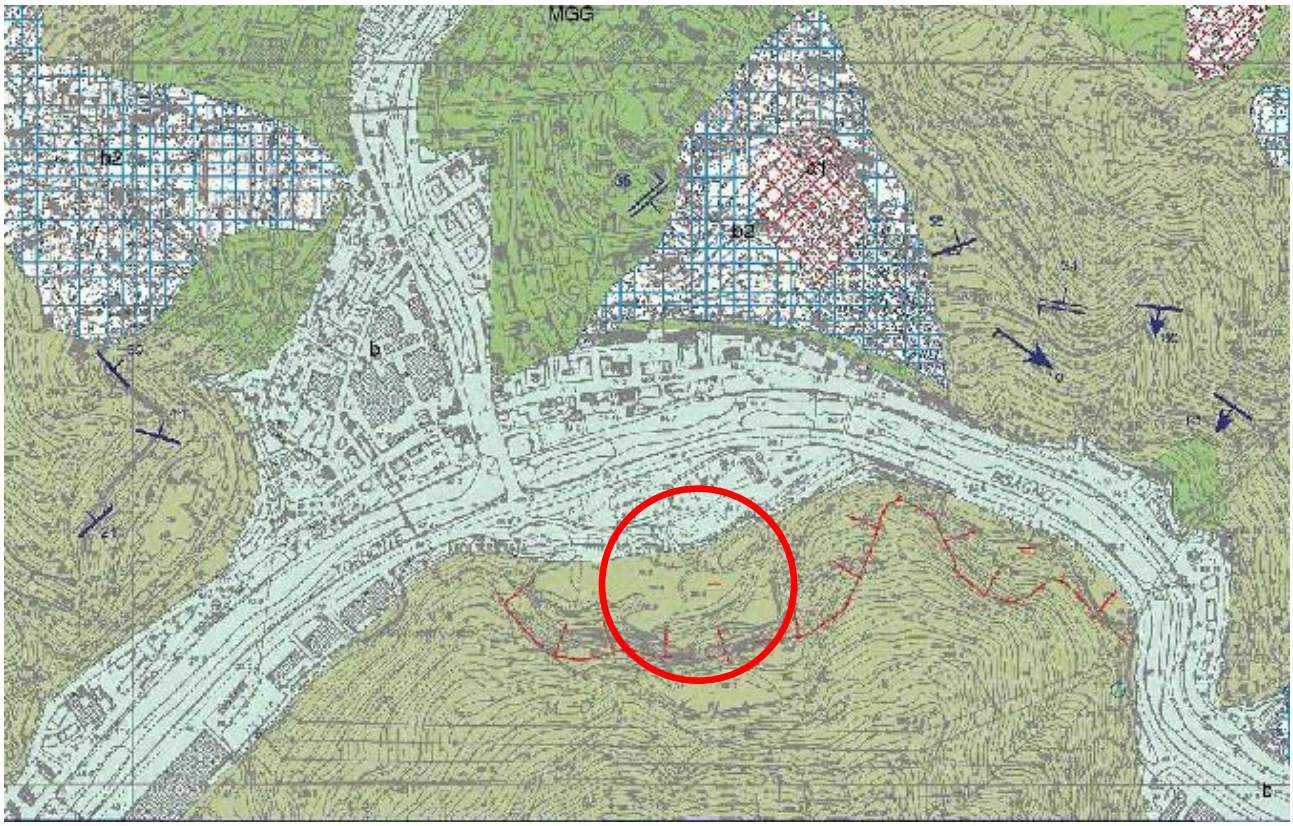
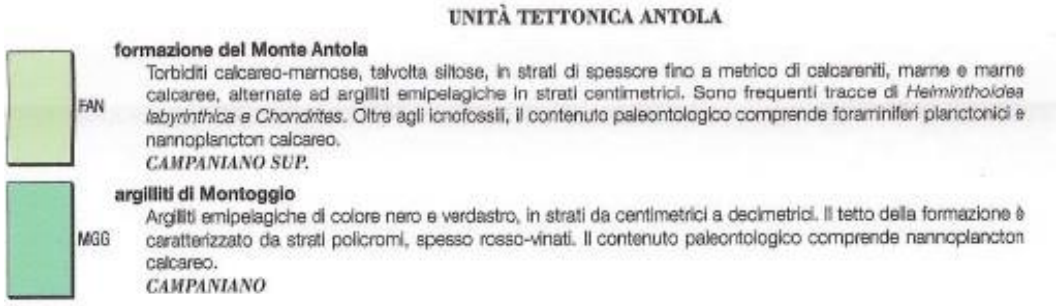


Fig. n. 1 – CARG foglio Genova - Carta geologico strutturale stralcio sc. 1: 10.000



RILIEVO GEOMECCANICO

Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso sono stati realizzati n° 6 aree di rilievo strutturale secondo gli standard ISRM (1981), denominati ARS da 1 a 6, posizionati nei punti indicati sulla carta geologico-strutturale (vd. tav. n. 2 allegata).
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 (vd. schede dei singoli ARS allegati alla classificazione dell'ammasso roccioso – Allegato n. 1):
- 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.
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) e confrontandolo con i profili di riferimento riprodotti su tabelle tipo standard.

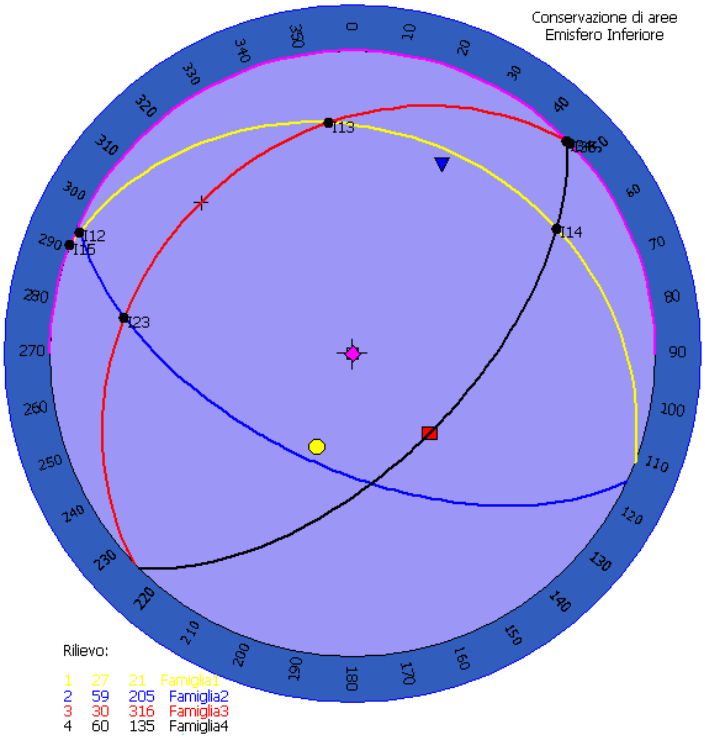
Il valore della resistenza a compressione monoassiale in corrispondenza delle superfici sane ed alterate dei giunti di discontinuità è stato rilevato mediante sclerometro da rocce (martello di Schmidt).

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.

Di seguito si riportano il diagramma dei poli ed i valori medi di giacitura.



SOMMARIO GIACITURE FAMIGLIE PRINCIPALI

Nr.	Inclinazione (°)	Immersione (°)	Famiglia
1	27	021	Famiglia1
2	59	205	Famiglia2
3	30	316	Famiglia3
4	60	135	Famiglia4

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 1

Valori misurati

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)
1	3	20
2	3	35
3	350	20
4	14	20
5	350	36
6	337	45

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 2

Valori misurati

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)
1	197	60
2	210	60
3	202	60
4	211	65
5	237	52
6	250	65
7	10	60
8	7	75
9	185	55
11	325	25

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 3

Valori misurati

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)
1	325	30
2	135	30
3	150	15
4	140	15
5	125	15
6	305	30
7	337	35
8	273	25
9	305	24
10	94	25

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 4

Valori misurati

Nr.	Immersione (°)	Inclinazione (°)
2	168	75
2	312	70
3	135	55
4	130	89
5	154	80
6	103	72

Note sui metodi di classificazione utilizzati per la valutazione qualitativa del litotipo.

Esaminando i dati del rilevamento geomeccanico è stato possibile classificare l'ammasso roccioso secondo differenti metodi, definendo i valori dei principali parametri geomeccanici che localmente caratterizzano le superfici di discontinuità.

Utilizzando i dati raccolti nel corso dei rilievi geostrutturali si è proceduto a classificare l'ammasso roccioso secondo il metodo introdotto da Bieniawski, noto come "Rock Mass Rating (RMR) System", sviluppato dall'autore a partire dagli anni 1972-1973 per gallerie in rocce competenti fratturate; tale metodologia di classificazione geomeccanica si basa sull'attribuzione di pesi a cinque parametri rappresentativi sia della roccia intatta sia delle condizioni dei giunti, la cui sommatoria risulta rappresentativa della qualità dell'ammasso roccioso nel suo complesso (RMR).

La classificazione di Romana (classificazione SMR 1985) sviluppa un approccio fattoriale, basato su dati di campagna, ed inserendo un indice di compensazione per l'orientamento dei giunti, aggiuntivo rispetto al sistema originale di Bieniawski, in cui non venivano date delle specifiche linee guida da seguirsi nel campo della stabilità dei versanti.

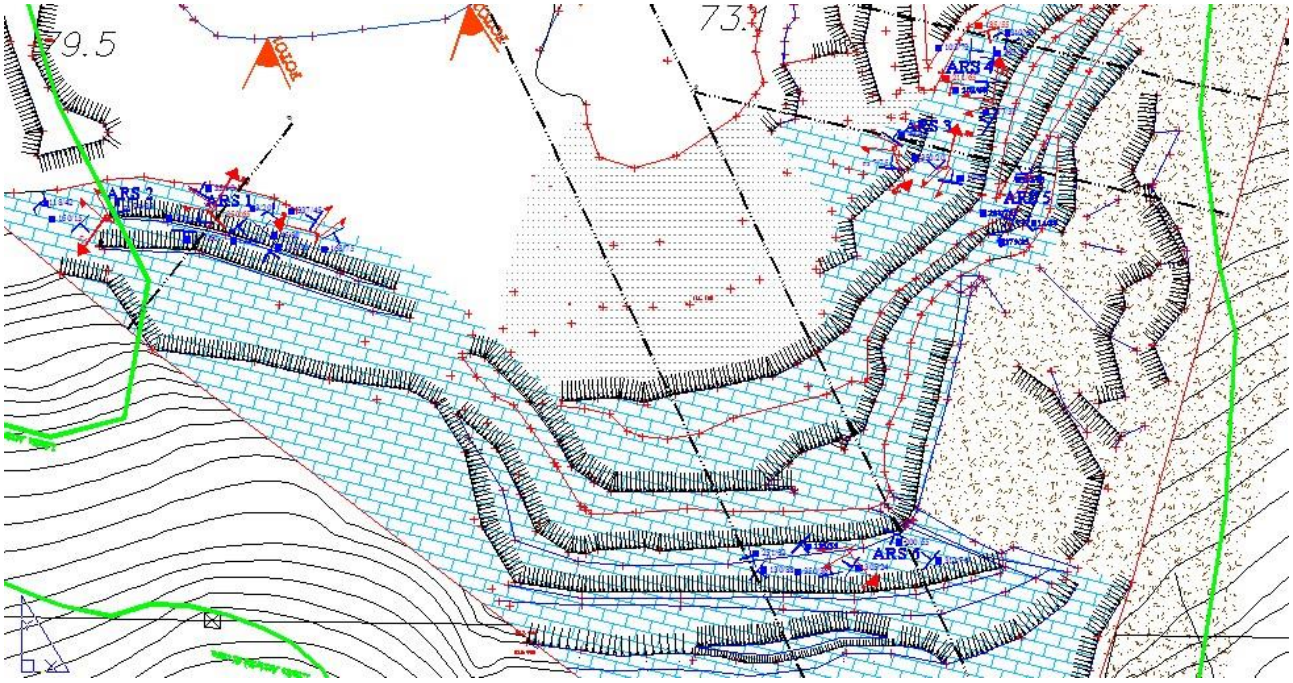
La classificazione di Barton, sviluppata al Norwegian Geotechnical Institute nel 1974 per gallerie e caverne, si basa su tre rapporti che definiscono rispettivamente la struttura dell'ammasso roccioso, le caratteristiche di resistenza meccanica dei giunti, variabili in funzione del grado di alterazione e della loro apertura, ed infine lo stato di tensione efficace che agisce sull'ammasso roccioso stesso.
A differenza di quanto suggerito da Bieniawski, Barton non riporta, nella classificazione, indicazioni circa l'orientamento dei giunti in funzione della galleria in quanto ritiene più importanti i parametri che descrivono le condizioni delle discontinuità poiché definiscono il grado di libertà riguardo al movimento dei blocchi.

I valori medi dei parametri geotecnici rappresentativi dell'ammasso sono desunti a partire dal valore del Geological Strenght Index o Indice di Resistenza Geologica (GSI), che può essere considerato a tutti gli effetti un sistema di classificazione introdotto da Hoek nel 1994 ed ampliato dallo stesso con altri Autori nel 1995 e nel 1998.
Il GSI è nato come sistema per stimare la riduzione delle caratteristiche meccaniche di un ammasso roccioso in funzione delle diverse condizioni geologiche ricavabili da attente osservazioni in sito.
La caratterizzazione dell'ammasso avviene in forma diretta ed è basata sull'impressione visiva della struttura della roccia e delle condizioni delle superfici delle discontinuità indicate dalla loro scabrezza e dal loro grado di alterazione.
La combinazione di questi due parametri fornisce una base pratica per descrivere un ampio campo di ammassi rocciosi, con strutture diversificate dall'ammasso competente fino ad arrivare all'ammasso completamente disgregato.

Sintesi dell'analisi del GSI e calcolo dei valori medi dei parametri geotecnici di resistenza a taglio attribuiti all'ammasso roccioso

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso mediante il metodo del GSI è stata condotta su ciascuna area di rilevamento strutturale (n. 6 ARS) eseguite sul fronte di cava:



Dall'analisi si sono dedotti i valori dei parametri geotecnici equivalenti di resistenza a taglio e dei moduli elastici nelle condizioni di "picco e residue", attraverso il criterio di rottura di Hoek-Brown, secondo la soluzione proposta da Palmer:

ARS n. 1 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 46
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.420 MPa	0.063 MPa	42.1°	23.2°

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
3.97	2.34	12.18	9.00

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

ARS n. 2 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 55

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.270 MPa	0.078 MPa	46.5°	26.5°

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
6.67	3.54	9.70	6.00

ARS n. 3 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 47
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.350 MPa	0.069 MPa	41.9°	22.8°

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
4.21	2.45	14.61	12.44

ARS n. 4 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 36
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.262 MPa	0.050 MPa	35.2°	18.7°

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
2.23	1.48	6.74	3.14

ARS n. 5 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 44
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.320 MPa	0.045 MPa	44.1°	25.3°

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
3.54	2.13	4.28	1.40

ARS n. 6 Geological Strength Index [GSI] di progetto: 32
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	Fr
0.203 MPa	0.041 MPa	33.2°	17.7°

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
1.77	1.23	4.68	1.64

Il calcolo dei valori delle soprariportate grandezze è propedeutico alla determinazione dei valori dei coefficienti di sicurezza all'equilibrio limite calcolati ai sensi della vigente normativa (ex DM 14/01/2008, Cap. 6.3.4) lungo le sezioni trasversali al fronte di cava (vd. relazione di sintesi del modello geotecnico), assumendo le condizioni d'analisi allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) ed i valori di resistenza a taglio "caratteristici e di progetto" (ex DM 14/01/2008, Cap. 6.2.2. e 2.5.3) dei principali parametri geotecnici di resistenza a taglio, a partire dai corrispondenti valori "medi".

A partire dai valori sopra indicati ARS per ARS si sono calcolati (nella tabella seguente sono riportati i valori "medi") i parametri equivalenti di resistenza a taglio dell'ammasso roccioso di picco dedotti dal criterio di rottura di Mohr-Coulomb:

cp	cr	Fp	Fr
0.304 MPa	0.058 MPa	40.2°	22.2°

Tabella - Valori "medi" parametri resistenza a taglio di picco substrato roccioso – valori equivalenti criterio di rottura di Mohor - Coulomb

INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

L'area di cava ricadente nel territorio del Comune di Genova, unità urbanistica n. 53 "Molassana", è classificata in "classe sismica 3 (ag_{max}=0.10g)" in osservanza della D.G.R. n. 1362 del 19.11.2010, entrata in vigore il 1° gennaio 2011 (ex Allegato O.P.C.M. n. 3519/2006; D.G.R. n. 1308 del 24.10.2008).

L'attività estrattiva rientra nella categoria d'opera 2 e classe d'uso II e vita nominale pari a 50 anni.

Il substrato lungo il fronte di cava è classificabile in cat. A (Ammassi rociosi o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs_{30}>800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.) e categoria topografica T3.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria topografica

Il sito in esame rientra nella categoria topografica T3 (Tab.3.2 IV) e presenta un valore di amplificazione topografica St pari a 1,2 (vd. Tab.3.2 VI).

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

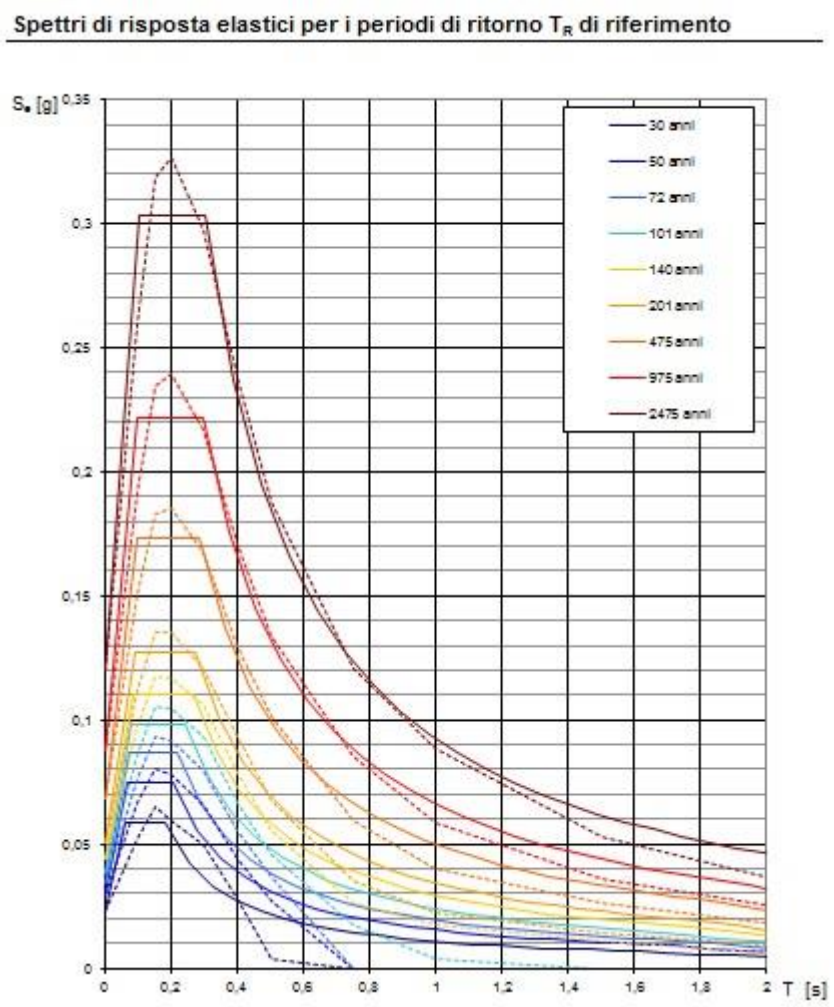
In base alle caratteristiche proprie del sito sono stati ricavati i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali “Kh e Kv”, utilizzati nelle verifiche di stabilità (Stato limite di salvaguardia della vita SLV):

Kh_{medio}=0.019

Kv_{medio}=0.010

Individuazione della pericolosità sismica del sito

Nel seguito vengono indicati i parametri caratteristici, funzione dei differenti tempi di ritorno, dello spettro di risposta riferito alla pericolosità sismica del sito.

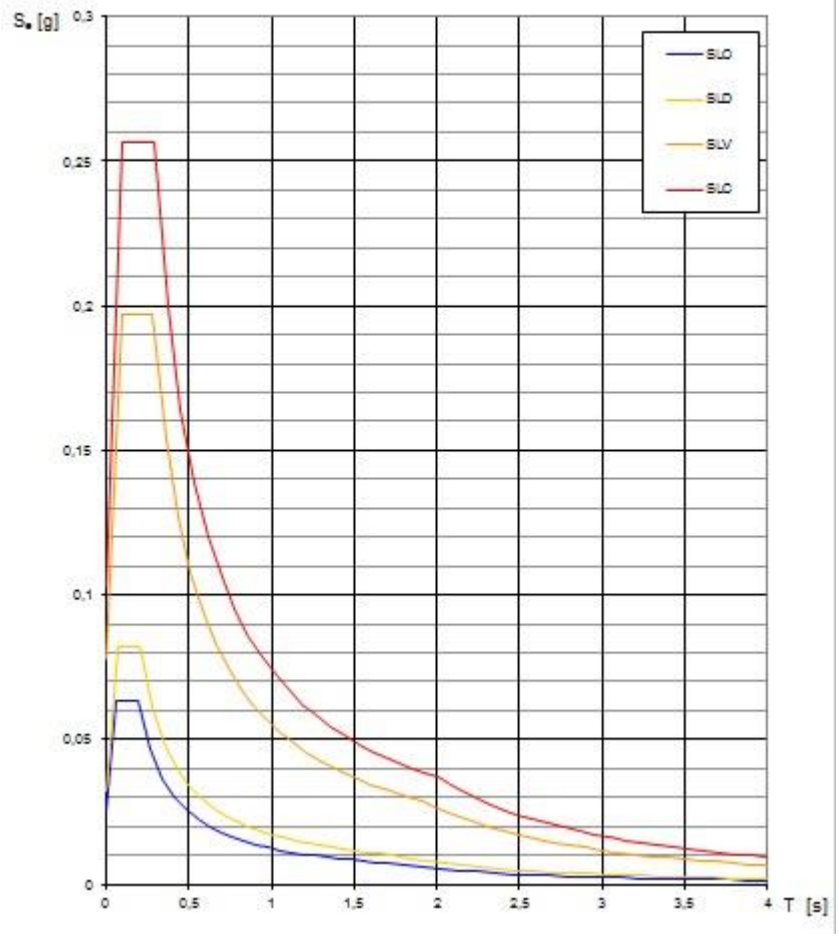


Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,025	2,497	0,196
50	0,032	2,530	0,212
72	0,037	2,548	0,224
101	0,042	2,527	0,254
140	0,049	2,507	0,262
201	0,056	2,536	0,267
475	0,078	2,521	0,281
975	0,103	2,487	0,289
2475	0,144	2,482	0,293

In base alle caratteristiche dell'opera in progetto (vita nominale Vn) si ricavano gli spettri di risposta e i parametri rappresentativi per gli stati limite d'esercizio (SLO e SLD) e gli stati limite ultimi (SLV e SLC):

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,025	2,497	0,196
SLD	50	0,032	2,531	0,212
SLV	475	0,078	2,521	0,281
SLC	975	0,103	2,487	0,289

CONCLUSIONI

A conclusione della presente si riassumono come nel seguito gli elementi salienti nella stessa argomentati:

L'area di cava allo stato attuale presenta condizioni di sicurezza all'interno dei settori attualmente coltivati ed a fine ciclo. Lungo il fronte orientale del sito estrattivo, viceversa, si evidenziano situazioni di dissesto geomorfologico attive, interessanti i terreni detritici eluvio-colluviali di copertura del substrato roccioso in posto, che presuppongono la realizzazione di interventi di sistemazione e messa in sicurezza del tratto apicale del versante e lungo la pista di arroccamento in oggi esistente.

Nell'ambito del progetto di variante al Piano di Coltivazione approvato (ex D.G.R. n. 183/2003) , sono state elaborate le necessarie soluzioni di progetto atte a garantire la messa in sicurezza del tratti di versante interessati dai fenomeni di dissesto franoso.

Gli interventi previsti a progetto risolveranno definitivamente le carenze d'equilibrio geostatico che contraddistinguono i terreni di copertura del substrato in posto, garantendo una corretta regimazione dei deflussi superficiali, in oggi privi di qualsiasi forma di controllo, che saranno concentrati lungo la zona centrale dell'anfiteatro di cava e successivamente canalizzati verso vasca di decantazione ubicata sul margine orientale del piazzale superiore a servizio dell'attività di cava, mediante il canale drenante esistente (vd. AUA n. 232/2015), così come parzialmente modificato a partire dalla realizzazione della "fossa" a quota 66,5 m. (vd. par. 8.2.5 "profilatura fossa a quota 66,5 m." della Relazione illustrativa della situazione attuale e Programma dei lavori a corredo della variante al Programma di Coltivazione e Riqualificazione Ambientale).

Nelle linee generali delle soluzioni progettuali adottate si mira ad ottenere i seguenti obiettivi:

1) la realizzazione di un sistema di drenaggio a monte del ciglio superiore del declivio in frana

(parete orientale dell'anfiteatro di cava attuale), atto ad evitare la percolazione in profondità delle acque meteoriche in occasione di eventi di pioggia concentrati e persistenti nel tempo, evitando l'instaurarsi di sovrappressioni idrauliche in profondità, lungo le diaclasi che caratterizzano l'ammasso roccioso;

2) la modifica dell'attuale tracciato della pista di arroccamento al fine di garantire l'accesso ai gradoni in coltivazione in assenza di rischi per gli operai impegnati nelle attività estrattive, a partire da quota 115 m.l.m.m. (secondo tornante a salire);
3) realizzazione di una rete di drenaggi lungo scarpata che disciplinino correttamente la regimazione delle acque di superficie, inibendo il fenomeno del ruscellamento selvaggio in scarpata. Le acque saranno restituite in corrispondenza del settore centrale della cava ove già attualmente le acque defluiscono verso valle a mezzo di un canale in roccia, che capta le acque di competenza del compluvio ubicato a monte del fronte in coltivazione;
4) la regolarizzazione degli attuali fronti in dissesto mediante riprofilatura e successiva messa a dimora di essenze tipiche della macchia mediterranea per un soddisfacente recupero ambientale delle aree in dissesto.

L'insieme dei suddetti interventi ha reso necessaria la progettazione della variante in riduzione al piano di coltivazione approvato, che nel settore orientale risulta in parte non realizzabile in forza del dissesto gravitativo che ha interessato la zona apicale del fronte di scavo.

Savona febbraio 2017.



ALLEGATI AL TESTO

Allegato n. 1 - Classificazione dell'ammasso roccioso e calcolo dei parametri medi di resistenza a taglio dell'ammasso roccioso – schede di rilevamento geomeccanico

Corografia sc. 1: 5.000

ALLEGATI FUORI TESTO

- Tav. n. 1-Geo – Carta geologico strutturale in sc. 1: 500;
- Tav. n. 2-Geo – Carta della qualità dell'ammasso roccioso in sc. 1: 500;
- Tav. n. 3-Geo – Sezioni geologico strutturali, sc 1: 1.000.

CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 1

LITOLOGIA DELL'UNITA' DI RILIEVO
Litotipo dominante: Calcare micritico

Formazione: Calcari del Monte Antola

Peso di volume della roccia: 26.0 kN/mc
L'ammasso si presenta alterato.

RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA

La resistenza a compressione monoassiale della roccia è pari a: 175.0 Mpa
La valutazione della roccia intatta, in termini di resistenza alla compressione, è buona

Condizioni idrogeologiche

La zona di rilevamento, dal punto di vista idrogeologico, é caratterizzabile come: Ammasso roccioso con venute abbondanti continue (Q > 125 l/minuto per 10 metri di fronte)

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 2

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 3

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

Famiglia 4

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Limoso o argilla s.c.
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 5

Continuità del giunto	> 20 m
Apertura del giunto	da 1 a 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Limoso o argilla s.c.
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	3	27	15
2	173	75	30
3	324	35	90
4	40	85	120
5	250	65	500

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

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

Jv	RQD
12.14	75

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 0.141 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 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	158.6 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.4 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	179.9 MPa
Parametro JRC di base	7.0
Parametro JRC corretto	7.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	49.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.5 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	145.9 MPa
Parametro JRC di base	9.0
Parametro JRC corretto	8.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	51.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.28 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	6.3 mm

FAMIGLIA 4

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	179.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	46.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.15 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.3 mm

FAMIGLIA 5

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	111.4 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	4.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	38.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.92 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000700000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	24.2 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione
Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	2.0	15.00	10.00	5
2	0.9	30.00	10.00	7
3	2.0	90.00	0.01	8
4	0.9	120.00	0.50	6
5	21.0	500.00	3.00	4

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	17889	33
2	7714	59
3	0	91
4	28	45
5	1610	33

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
341.2	0.0030	151.0000	0.0000000797

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
183	85	40

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	75	14
Spaziatura (m)	1.51	17
Condizioni dei giunti		14
Venute d'acqua	> 125 l/min	0

Risultati:

RMR di base	58
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	58
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 58

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

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 15

Qualità ammasso roccioso	MOLTO SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE V
Commento sulla stabilità	Molto instabile
Commento sul tipo di rottura	Planari estesi o Rototraslazionali
Commento sui consolidamenti	Interventi molto pesanti

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

RMR di base: 58

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 57

Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
Commento sulla stabilità	Parzialmente stabile

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	75
Parametro Jn	15.00
Parametro Jr	1.50
Parametro Ja	6.00
Parametro Jw	0.20
Parametro SRF	4.7

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	5.000
Jr/Ja	0.250
Jw/SRF	0.0419

Q	0.052
Classe ammasso roccioso	CLASSE VIII
Qualità ammasso roccioso	ESTREMAMENTE SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 46

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.1690	0.0206	1	0.0001	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
0.420 MPa	0.063 MPa	42.1°	23.2°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.230 MPa	0.184 MPa	28.0°	23.4°

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
3.97	2.34	12.18	9.00

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

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 2

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	< 0,1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 2

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Argilloso non rigonfiante
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 3

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	118	42	30
2	94	25	35
3	145	15	40

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

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

Jv	RQD
8.69	86

Il volume del blocco unitario minimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.042 mc
Il volume del blocco unitario medio è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.042 mc
Il volume del blocco unitario massimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.042 mc

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	158.6 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.

Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.4 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	158.6 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.4 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	158.6 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.4 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione
Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	2.0	30.00	0.05	5
2	2.0	35.00	0.50	5
3	2.0	40.00	0.50	5

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	0	33
2	45	33
3	45	33

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
127.3	0.0022	35.0000	0.0000003300

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
210	90	40

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	86	17
Spaziatura (m)	0.35	9
Condizioni dei giunti		14
Venute d'acqua	> 125 l/min	0

Risultati:

RMR di base	53
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	53
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 53

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

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: 53

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 52

Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
Commento sulla stabilità	Parzialmente stabile

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	86
Parametro Jn	12.00
Parametro Jr	2.00
Parametro Ja	4.00
Parametro Jw	0.20
Parametro SRF	2.85

Risultati:

RQD/Jn	7.167
Jr/Ja	0.500
Jw/SRF	0.0702

Q	0.252
Classe ammasso roccioso	CLASSE VII
Qualità ammasso roccioso	MOLTO SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 55

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.3215	0.0260	1	0.0006	0.000002

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
0.270 MPa	0.078 MPa	46.5°	26.5°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.275 MPa	0.220 MPa	32.5°	27.0°

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
6.67	3.54	9.70	6.00

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

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 3

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	da 3 a 10 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 2

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 1 a 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 3

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Limoso o argilla s.c.
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 4

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	9	68	35
2	350	20	25
3	125	15	80
4	40	40	50

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

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

Jv	RQD
10.1	82

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

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	127.4 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.55 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000200000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	11.2 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	161.9 MPa
Parametro JRC di base	4.0
Parametro JRC corretto	4.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	39.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.27 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	149.0 MPa
Parametro JRC di base	8.0
Parametro JRC corretto	7.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	48.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.28 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	6 mm

FAMIGLIA 4

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	155.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	45.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.7 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	6.0	35.00	0.50	5
2	2.0	25.00	3.00	4
3	2.0	80.00	10.00	7
4	2.0	50.00	3.00	6

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	28	45
2	2813	22
3	5524	74
4	1021	45

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
191.0	0.0042	47.5000	0.0000021580

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
127	85	45

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	82	16
Spaziatura (m)	0.48	10
Condizioni dei giunti		13
Venute d'acqua	< 10 l/minuto	10

Risultati:

RMR di base	62
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	62
Classe ammasso roccioso	CLASSE II
qualità ammasso roccioso	BUONA

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 62

Valutazione per i cinematismi piani

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 53

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: 62

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 56

Qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
Commento sulla stabilità	Parzialmente stabile

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	82
Parametro Jn	15.00
Parametro Jr	1.50
Parametro Ja	6.00
Parametro Jw	1.00
Parametro SRF	2.08

Risultati:

RQD/Jn	5.467
Jr/Ja	0.250
Jw/SRF	0.4818

Q	0.658
Classe ammasso roccioso	CLASSE VII
Qualità ammasso roccioso	MOLTO SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 47

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.1815	0.0212	1	0.0001	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
0.350 MPa	0.069 MPa	41.9°	22.8°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.235 MPa	0.188 MPa	28.5°	23.8°

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
4.21	2.45	14.61	12.44

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

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 4

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	da 3 a 10 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Scabri
riempimento del giunto	Mineralizzato
Valutazione sul giunto	Condizioni molto scadenti

Famiglia 2

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 3

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	da 1 a 5 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Limoso o argilla s.c.
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 4

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Argilloso non rigonfiante
Valutazione sul giunto	Condizioni molto scadenti

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	211	57	100
2	206	60	10
3	103	72	20
4	321	33	40

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

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

Jv	RQD
18.5	54

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

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	92.3 MPa
Parametro JRC di base	12.0
Parametro JRC corretto	8.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	50.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	1.10 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.001000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	13.1 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	152.1 MPa
Parametro JRC di base	7.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	45.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
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 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	181.6 MPa
Parametro JRC di base	10.0
Parametro JRC corretto	10.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	59.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°

Apertura idraulica equivalente	0.11 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.9 mm

FAMIGLIA 4

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	155.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	45.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.7 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	6.0	100.00	10.00	8
2	2.0	10.00	10.00	6
3	0.9	20.00	3.00	10
4	2.0	40.00	10.00	6

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	2005	151
2	7714	59
3	285	109
4	11340	45

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
173.5	0.0091	42.5000	0.0000246313

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	54	10
Spaziatura (m)	0.43	10
Condizioni dei giunti		5
Venute d'acqua	10 - 25 l/min	7

Risultati:

RMR di base	45
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	45
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 45

Valutazione per i cinematismi piani

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 21

Qualità ammasso roccioso	SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV
Commento sulla stabilità	Instabile
Commento sul tipo di rottura	Planari o grandi cunei
Commento sui consolidamenti	Interventi pesanti

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

RMR di base: 45

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	54
Parametro Jn	15.00
Parametro Jr	1.50
Parametro Ja	13.00
Parametro Jw	0.66
Parametro SRF	4.56

Risultati:

RQD/Jn	3.600
Jr/Ja	0.115
Jw/SRF	0.1447

Q	0.060
Classe ammasso roccioso	CLASSE VIII
Qualità ammasso roccioso	ESTREMAMENTE SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 36

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.0827	0.0160	1	0.0000	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
0.262 MPa	0.050 MPa	35.2°	18.7°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.180 MPa	0.144 MPa	23.0°	19.4°

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
2.23	1.48	6.74	3.14

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

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 5

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Sabbioso
Valutazione sul giunto	Condizioni molto scadenti

Famiglia 2

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 3

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	299	25	30
2	272	75	10
3	14	20	15

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

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

Jv	RQD
20	49

Il volume del blocco unitario minimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.004 mc
Il volume del blocco unitario medio è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.004 mc
Il volume del blocco unitario massimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0.004 mc

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	158.6 MPa
Parametro JRC di base	5.0
Parametro JRC corretto	5.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	42.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.4 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	155.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	45.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°

Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.7 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	161.9 MPa
Parametro JRC di base	4.0
Parametro JRC corretto	4.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	39.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.27 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	2.0	30.00	10.00	5
2	2.0	10.00	10.00	6
3	2.0	15.00	10.00	4

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	17889	33
2	11340	45
3	31250	22

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
127.3	0.0033	18.3333	0.0000079986

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
293	90	25

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	49	9
Spaziatura (m)	0.18	7
Condizioni dei giunti		6
Venute d'acqua	> 125 l/min	0

Risultati:

RMR di base	35
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	35
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV
qualità ammasso roccioso	SCADENTE

CLASSI DI RMR DALLA SIMULAZIONE PROBABILISTICA DI MONTECARLO

Sulla base dei risultati del rilievo geostrutturale eseguito si è proceduto ad una classificazione probabilistica dell'ammasso roccioso secondo la tecnica nota come Simulazione di Montecarlo, applicando la stessa al metodo di classificazione RMR di Bieniawski.

Per i parametri base necessari alla classificazione, considerati come variabili stocastiche, si sono adottate le seguenti distribuzioni statistiche:

Parametro	Distribuzione	Valore medio	Deviazione standard
c0 (MPa)	gaussiana	175.0	5.00
RQD (%)	gaussiana	49.0	5.00
Sp (m)	gaussiana	0.2	0.05

I risultati statistici sulla popolazione analizzata sono così riassumibili:

Media dei valori di RMR		Deviazione Standard		Skewness	Curtosi	n. Popolazione
36.9	1.2	0.000	2.616	10000		

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 35

Valutazione per i cinematismi piani

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 11

Qualità ammasso roccioso	MOLTO SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE V
Commento sulla stabilità	Molto instabile
Commento sul tipo di rottura	Planari estesi o Rototraslazionali
Commento sui consolidamenti	Interventi molto pesanti

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

RMR di base: 35

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 34

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

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	49
Parametro Jn	12.00
Parametro Jr	1.50
Parametro Ja	6.00
Parametro Jw	0.20
Parametro SRF	5.27

Risultati:

RQD/Jn	4.083
Jr/Ja	0.250
Jw/SRF	0.0379

Q	0.039
Classe ammasso roccioso	CLASSE VIII
Qualità ammasso roccioso	ESTREMAMENTE SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 44

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.1465	0.0196	1	0.0001	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
0.320 MPa	0.045 MPa	44.1°	25.3°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.220 MPa	0.176 MPa	27.0°	22.6°

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
3.54	2.13	4.28	1.40

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

AREA DI RILEVAMENTO STRUTTURALE n. 6

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 2

Continuità del giunto	da 10 a 20 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Limoso o argilla s.c.
Valutazione sul giunto	Condizioni molto scadenti

Famiglia 3

Continuità del giunto	< 1 m
Apertura del giunto	> 5 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni scadenti

Famiglia 4

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 1 a 5 mm
Scabrezza del giunto	Leggermente scabri
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

Famiglia 5

Continuità del giunto	da 1 a 3 m
Apertura del giunto	da 0,1 a 1 mm
Scabrezza del giunto	Lisci
riempimento del giunto	Assente
Valutazione sul giunto	Condizioni mediocri

SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	168	55	20
2	328	30	25
3	130	88	20
4	251	82	10
5	312	70	30

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

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

Jv	RQD
27.33	25

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

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	179.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	46.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.15 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.3 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	127.1 MPa
Parametro JRC di base	4.0
Parametro JRC corretto	3.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	35.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.71 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000400000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	17.6 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	179.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	46.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.15 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3.3 mm

FAMIGLIA 4

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	149.0 MPa
Parametro JRC di base	8.0
Parametro JRC corretto	7.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	48.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.28 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s

FAMIGLIA 5

Parametro JCS di base	176.0 MPa
Parametro JCS corretto	155.3 MPa
Parametro JRC di base	6.0
Parametro JRC corretto	6.0
Angolo d'attrito di base	38.0°
Angolo d'attrito di picco	45.0°
Angolo d'attrito residuo	26.0°
Apertura idraulica equivalente	0.26 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0.000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	5.7 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	0.9	20.00	10.00	6
2	15.0	25.00	10.00	3
3	0.9	20.00	10.00	6
4	2.0	10.00	3.00	7
5	2.0	30.00	0.50	6

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	11340	45
2	31250	22
3	11340	45
4	497	74
5	28	45

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
264.8	0.0043	21.0000	0.0000497205

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
358	88	40

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	175.00	13
RQD (%)	25	5
Spaziatura (m)	0.21	8
Condizioni dei giunti		11
Venute d'acqua	> 125 l/min	0

Risultati:

RMR di base	37
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	37
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV
qualità ammasso roccioso	SCADENTE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 37

Valutazione per i cinematismi piani

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 27

Qualità ammasso roccioso	SCADENTE
Classe ammasso roccioso	CLASSE IV
Commento sulla stabilità	Instabile
Commento sul tipo di rottura	Planari o grandi cunei
Commento sui consolidamenti	Interventi pesanti

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

RMR di base: 37

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

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 28

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

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	25
Parametro Jn	15.00
Parametro Jr	1.50
Parametro Ja	10.00
Parametro Jw	0.20
Parametro SRF	10.51

Risultati:

RQD/Jn	1.667
Jr/Ja	0.150
Jw/SRF	0.0190

Q	0.005
Classe ammasso roccioso	CLASSE IX
Qualità ammasso roccioso	ECCEZIONALMENTE SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

GeologicalStrength Index [GSI] di progetto: 32

Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
8	0.0622	0.0144	1	0.0000	0.000000

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
0.203 MPa	0.041 MPa	33.2°	17.7°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0.160 MPa	0.128 MPa	21.0°	17.8°

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
1.77	1.23	4.68	1.64

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

SCHEDE DEL RILEVAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 1

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Media con abbondanti venute di acqua Fronte: 180/85 H Fronte: 40 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
S	3	20	< 1m	3 m	Media	>5mm - Vuoto	4-6	
B1	197	60	30 cm	1-3 m	Media	1-5 mm - Sabbia	6	
B1	154	80	30 cm	1-3 m	Media	1-5 mm - Sabbia	6	
A2	250	65	5 m	20 m	Media	1-3 mm - Limo	6	
Fianco1	215-35	90	150 cm	<1 m	Media	Chiuso	8-10	
Fianco2	3	35						
Fianco3	168	75						
Fianco 4	337	35	3 m	5 m	Media	>5 m - Vuoto	10-12	
B3	45	80	80 cm	<1 m	Media	Chiuso	8	
B4	135	30	20 cm	<1 m	Media	>5mm - Vuoto	8	

NOTE: Variazione Planare degli strati ad ampia scala

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 2

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Media con abbondanti venute di acqua Fronte: 210/90 H Fronte: 40 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
Fianco1	140	15	20 cm	1-3 m	Media	Chiuso	4	
Fianco2	150	15	30 cm	1-3 m	Media	0.1 mm – Vuoto	6	
Fianco1	94	25	40 cm	1m	Media	Chiuso	6	
S	118	42	10 cm	1m	Media	Chiuso	4	

NOTE: Variazione Planare degli strati ad ampia scala

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 3

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Stillicidio di acqua Fronte: 127/85 H Fronte: 45 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
Fianco1	10	60	30-40 cm	>3m	Media	0.1 – 1mm - Assente	6	
Fianco2	350	20	25 cm	1-3 m	Media	1 - 5 mm – Vuoto	4	
Fianco3	7	75	20 cm	1-3 m	Media	1 mm - Sabbia	8	
A1	125	15	80 cm	3m	Media	5 mm – Vuoto	8	
Fianco4	40	40	50 cm	3m		1 - 5 mm – Vuoto	6	

NOTE: Variazione Planare degli strati ad ampia scala

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 4

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Stillicidio di acqua Fronte: 127/85 H Fronte: 45 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	Continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
A1	185	55	100 cm	>10 m	Alta	1cm - Assente	10-12	
S1	210	60	20 – 10 cm	1-3 m	Media	>5 mm – Vuoto	6-8	
B1	103	72	20 cm	5 cm	Media	>3 mm - Sabbia	10-12	
B2	305	30	70 cm	>1m	Media	5 mm – Vuoto	8	
A2	211	65	80 cm	>10 m	Alta	1cm - Assente	10	
Fianco 1	202	60						
Fianco 2	337	35						
A3	237	52	100 cm	10 m	Alta	1cm - Assente	12	

NOTE:

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 5

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Abbondanti venute di acqua Fronte: 293/90 H Fronte: 25 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	Continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
S1	322	25	30 – 50cm	3 m	Media	1cm – Limo	4-6	
S1	14	20	15 cm	< 1m	Media	>5 mm - Vuoto	4	
S1	273	25	20 cm	< 1m	Media	> 5 mm – Vuoto	6	
B1	288	75	10 cm	1-3 m	Media	>5 mm - Assente	6	

NOTE:

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

PROGETTO: Cava Montanasco DATA: 13/11/2012 P.to: 6

Tipo di roccia: Calcari del Monte Antola

Grado di alterazione: Abbondanti venute di acqua Fronte: 358/90 H Fronte: 40 Metri

Discontinuità	Giacitura		spaziatura	Continuità	alterazione	Apertura-riempimento	JRC	JCS
	Imm.(*)	Incl.(*)						
Fianco1	305	24	10-40cm	10m	Media	5cm – Sabbia	4	
B1	200	55	20cm	60cm	Media	2 cm – Vuoto	6	
B2	130	88	20 cm	30cm	Media	5 cm - Vuoto	6	
B3	251	82	20 cm	1-3m	Media	5 mm – Vuoto	8	
Fianco2	350	36						
Fianco3	135	55						
B4	312	70	30cm	1-3m	Media	0.1-1 mm – Vuoto	6	

NOTE:



COROGRAFIA

Area intervento

1:10.000

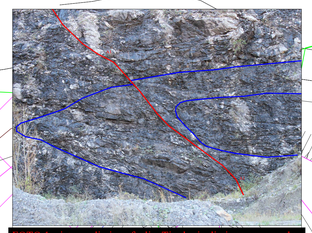


FOTO 1: sistema di piega faglia. Tipologia di piega con angolo di interlimb da chiuso a stretto nei pressi dell' A.R.S. 1 e 2.



FOTO 2: strati ripiegati con presenza di numerose vene di calcite sul fianco sinistro del fronte attualmente in coltivazione.



FOTO 3: zona fortemente tettonizzata con presenza di strati verticalizzati ed obliqui nei pressi dell' A.R.S. 3.

Legenda:

- Ghiaioni
- Coltri di Copertura
- Calcari del Monte Antola
- ARS — Aree di rilevamento strutturale
- b 210/63 — Giunti di discontinuita' planari
- 210/63 — Faglie
- s 122/85 — Stratificazione
- Cerniera di piega
- Asse di piega con inclinazione
- Limite piano cave
- FOTO — Punti di ripresa fotografica
- Traccia sezioni verifiche stabilità

COMUNE DI GENOVA

PROVINCIA DI GENOVA

RINNOVO AUTORIZZAZIONE ATTIVITA' ESTRATTIVA
CAVA DI CALCARE "MONTANASCO"

COMMITTENTE

FRANTOI s.r.l

CARTA GEOLOGICO–STRUTTURALE

DATA febbraio 2017
SCALA 1 : 500

TAVOLA
1.GEO

Studio di geologia tecnica
Dott. Geol. Guido Carieri
Via Untoria 17100 Savona
Tel. 019801866 – fax. 0198403931

ARS 1
ARS 2
ARS 3
ARS 4
ARS 5
ARS 6
F1 35/90
s 3/20
F4 337/45
s 118/42
F1 94/25
F2 150/15
F2 3/35
b1 197/60
b2 154/80
b5 45/80
b4 135/30
F3 168/75
A1 250/65
A1 185/55
s 210/60
b1 103/72
b2 305/30
A1 211/63
F1 202/60
F2 237/35
F4 40/40
F3 7/75
F4 350/20
F1 10/60
s 322/25
b1 288/25
s 14/20
s 273/25
b3 251/82
b2 130/88
F3 135/55
F2 350/36
b1 200/55
b4 312/70
F1 305/24
Limite Attività di cava
Limite Attività di cava
Limite Attività di cava
Limite Attività di cava
61.1
70.8
79.5
73.
150.3
71.084
70.729
69.512
70.352
70.309
70.734
70.776
69.554
69.552
69.658
69.425
69.447
70.490
70.248
69.949
69.518
69.468
69.670
78.100
78.063
69.688
69.559
70.583
69.547
69.670
93.059
92.889
92.775
92.871
140.439
139.447
139.208
141.959
141.685
140.000
139.956
139.000
138.156
138.000
137.000
136.000
135.000
134.000
133.000
132.000
131.000
130.000
129.000
128.000
127.000
126.000
125.000
124.000
123.000
122.000
121.000
120.000
119.000
118.000
117.000
116.000
115.000
114.000
113.000
112.000
111.000
110.000
109.000
108.000
107.000
106.000
105.000
104.000
103.000
102.000
101.000
100.000
99.000
98.000
97.000
96.000
95.000
94.000
93.000
92.000
91.000
90.000
89.000
88.000
87.000
86.000
85.000
84.000
83.000
82.000
81.000
80.000
79.000
78.000
77.000
76.000
75.000
74.000
73.000
72.000
71.000
70.000
69.000
68.000
67.000
66.000
65.000
64.000
63.000
62.000
61.000
60.000
59.000
58.000
57.000
56.000
55.000
54.000
53.000
52.000
51.000
50.000
49.000
48.000
47.000
46.000
45.000
44.000
43.000
42.000
41.000
40.000
39.000
38.000
37.000
36.000
35.000
34.000
33.000
32.000
31.000
30.000
29.000
28.000
27.000
26.000
25.000
24.000
23.000
22.000
21.000
20.000
19.000
18.000
17.000
16.000
15.000
14.000
13.000
12.000
11.000
10.000
9.000
8.000
7.000
6.000
5.000
4.000
3.000
2.000
1.000
175.0
200.0
225.0
250.0
Nord

Legenda:

- Riporti Artificiali
- Aree di rilevamento ARS
- Coltri di Copertura
- Giunti di discontinuita' planari Calcari del Monte Antola
- Faglie
- Stratificazione
- Cerniera di piega
- Asse di piega con inclinazione
- Limite piano cave
- Indice GSI (Hoek) tra 46 e 55 Qualità ammasso buona
- Indice GSI (Hoek) tra 32 e 45 Qualità ammasso mediocre
- Traccia sezioni verifiche stabilità
- Ghiaioni
- Coltri di Copertura

COMUNE DI GENOVA

PROVINCIA DI GENOVA

RINNOVO AUTORIZZAZIONE ATTIVITA' ESTRATTIVA CAVA DI CALCARE "MONTANASCO"

COMMITTENTE

FRANTOI s.r.l

CARTA QUALITA' AMMASSO ROCCIOSO

DATA febbraio 2017

SCALA 1 : 500

TAVOLA

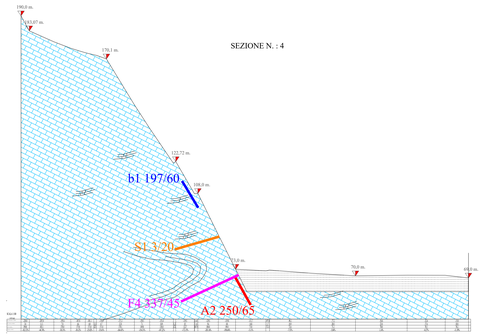
2.GEO

Studio di geologia tecnica

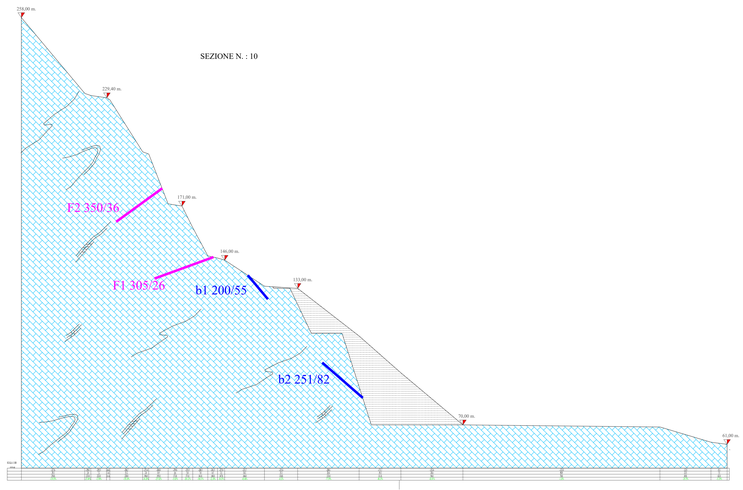
Dott. Geol. Guido Carieri

Via Untoria, 31r 17100 Savona

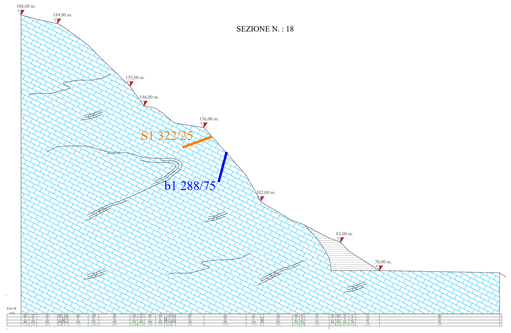
SEZIONE N. : 4



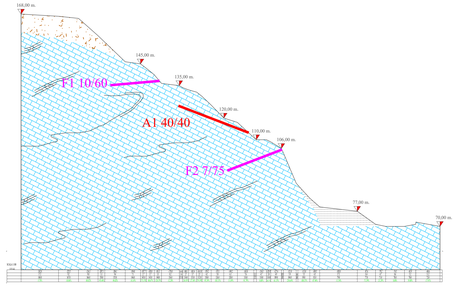
SEZIONE N. : 10



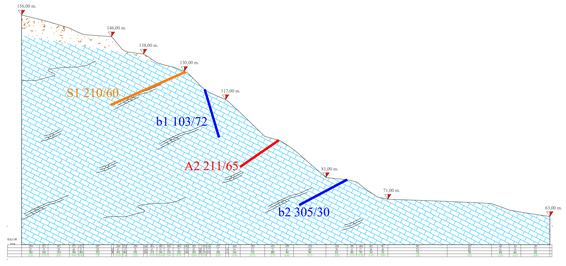
SEZIONE N. : 18



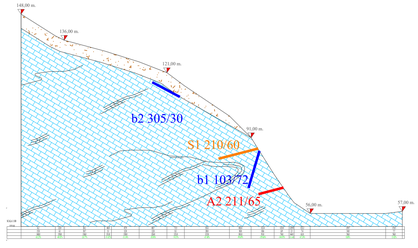
SEZIONE N. : 21



SEZIONE N. : 23



SEZIONE N. : 29



Legenda:

- Calcari del Monte Antola
- Riporti artificiali
- Coltri eluviali
- s 210/60 — Stratificazione
- b1 103/72 — Coltri eluviali
- A1 211/65 — Faglie
- F1 10/60 — Fianchi di Piega
- Profilo Attuale

COMUNE DI GENOVA

PROVINCIA DI GENOVA

RINNOVO AUTORIZZAZIONE ATTIVITA' ESTRATTIVA
CAVA DI CALCARE "MONTANASCO"

COMMITTENTE

FRANTOI s.r.l

SEZIONI GEOLOGICO–STRUTTURALI

DATA febbraio 2017
SCALA 1 : 1000

TAVOLA
3.GEO

Studio di geologia tecnica
Dott. Geol. Guido Carieri
Via Untoria, 31r 17100 Savona