STUDIO di GEOLOGIA TECNICA dott. geol. GUIDO CARIERI

COMMITTENTE: FRANTOI SRL.

COMUNE: GENOVA

LOCALITA': MOLASSANA

OGGETTO: RELAZIONE DI SINTESI DEL MODELLO GEOLOGICO – STRUTTURALE

VARIANTE SOSTANZIALE AL PROGRAMMA DI COLTIVAZIONE E RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DEL COMPLESSO ESTRATTIVO DENOMINATO "CAVA MONTANASCO"



DATA: agosto 2024 - revisione aprile 2026

DATI IDENTIFICATIVI DELL'ELABORATO (DGR Regione Liguria n. 835 del 04/08/2023)
REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI GENOVA
PROCEDURA: Verifica di assoggettabilita' a VIA - art. 19 D.Lgs. 152/2006
DOCUMENTO: Relazione di sintesi del modello geologico-strutturale
DATA DEL DOCUMENTO: agosto 2024
DATA DI PRESENTAZIONE DELL'ISTANZA: .....
NOME DEL FILE: Relazione_geologico_strutturale.pdf

INDICE

NORMATIVA 3
PREMESSA 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
Caratteri generali e geologia del territorio 5
Geomorfologia della zona. 5
Interventi di sistemazione dei dissesti geomorfologici in analisi 7
Unità geologiche, litologiche e strutturali 8
RILIEVO GEOMECCANICO 11
Note sui metodi di classificazione utilizzati per la valutazione qualitativa del litotipo. 14
Sintesi dell'analisi del GSI e calcolo dei valori medi dei parametri geotecnici di resistenza a taglio attribuiti all'ammasso roccioso 15
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE 19
In allegato alla presente di riporta la litostratigrafia di dettaglio dei sondaggi e l'elaborato fotografico delle cassette porta campione. 21
RAPPORTI TRA INDAGINI DIRETTE E RILEVAMENTO DI SUPERFICIE 22
TOMOGRAFIA SISMICA 23
INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO 24
Categoria topografica 24
Individuazione della pericolosità sismica del sito 25
CONCLUSIONI 27
ALLEGATI AL TESTO 29
ALLEGATI FUORI TESTO 29

NORMATIVA

- D.M. 17/01/2018-Testo Unitario "Norme tecniche per le costruzioni" e (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8);
- 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
- D.G.R. 17/03/2017 n. 216 "OPCM 3519/2006 Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria."
- 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; Decreto 10 agosto 2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo."
- Regolamento regionale 14 Luglio 2011 n.3 "Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua"
- Comma 1 dell'art. 41bis del D.lgs 21 giugno 2013, n° 69 "Approvazione indirizzi operativi per la applicazione del Regolamento Terre e rocce di scavo. D.P.R. 120/2017, Capo III, art. n. 20"
- DCP n.47 del 25.11.2003 e s.m.i.; ultima variante approvata con DGR n. 1324 del 30/12/2016 in vigore dal 01/02/2017".

PREMESSA

La presente è parte del corredo di progetto della variante al programma di coltivazione in oggi autorizzato (Determinazione Dirigenziale n. 2021-118.0.0.-169) 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 variante sostanziale al programma di coltivazione, necessaria alla prosecuzione dell'esercizio estrattivo della cava.

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 ancora, nonostante gli interventi realizzati in fase "zero" di progetto autorizzato, 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 (vd. relazione ed elaborati grafici a firma ing. dell'ing. G. Cuniberti, parte integrante e sostanziale della proposta di variante al progetto approvato").

Per quanto sopra esposto, data l'impossibilità di eseguire completamente, per questo settore di cava, il progetto di coltivazione in oggi approvato con l'autorizzazione unica, si pone la necessità di predisporre un progetto di variante, volto a definire sia le modalità di completamento dell'intervento estrattivo nelle porzioni di cava ancora sfruttabili, sia gli interventi di sistemazione dei dissesti idrogeologici censiti nel settore orientale della cava medesima.

La presente relazione descrive gli inquadramenti di natura geologico-strutturale del sito, 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).

In osservanza delle osservazioni espresse dal Comune di Genova, Direzione Urbanistica Ufficio Geologico, con lett. prot. 432155 del 18 dicembre 2017, si sono realizzate indagini di caratterizzazione geologico stratigrafica e geotecnica dei terreni, provvedendo a definire compiutamente l'inquadramento sismico delle aree a NE dell'anfiteatro di cava.

A tale fine, si era programmata e realizzata nel 2018 una campagna di indagini geognostiche e geofisiche di cui, nel seguito, viene dato atto.

Nell'ambito del presente documento si sviluppano, inoltre, le analisi di stabilità agli stati limite (SLV-SLC) lungo le sezioni trasversali ai fronti in coltivazione.

Le sezioni in analisi sono desunte dal rilievo strumentale plano-altimetrico di dettaglio eseguito nel mese di ottobre 2019 in aggiornamento del preesistente rilievo della cava.

L'elaborato topografico è georeferenziato nel sistema di coordinate piane datum Gauss-Boaga, Roma 40 (EPSG 3003) coerente con la Cartografia Tecnica Regionale.

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

- Relazione descrittiva degli inquadramenti geologico strutturale e sismico delle aree di cava;
- Relazione descrittiva delle analisi di stabilità agli stati limite lungo i fronti di cava nelle condizioni maggiormente onerose;
- 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;

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 risalgono al 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 S ed E-NE dei fronti della cava, zone in cui l'estensione del corpo di frana assume proporzioni da medie ad estese 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.;vd. tab. litostratigrafica sondaggi a carotaggio continuo S1 ed S2 allegate). 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 GEO – Carta geologico strutturale 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 dall'incanalamento delle acque di pioggia provenienti dal versante a monte, in occasione dell'evento alluvionale 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.

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 135,0 m. l.m.m. e spostandosi dal settore centrale in direzione N, sino a raggiungere il gradone a quota 145,0 – 150,0 m.l.m.m., sussistono condizioni di disequilibrio sotto il profilo della stabilità di versante.

In attenuazione delle stesse ed al fine di garantire condizioni di sicurezza nello svolgimento delle attività estrattive saranno realizzati gli interventi strutturali, meglio esplicitati nella relazione tecnica di progetto a firma dell'ing. G. Cuniberti, di messa in sicurezza di questa porzione del fronte.

In estrema sintesi, si prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

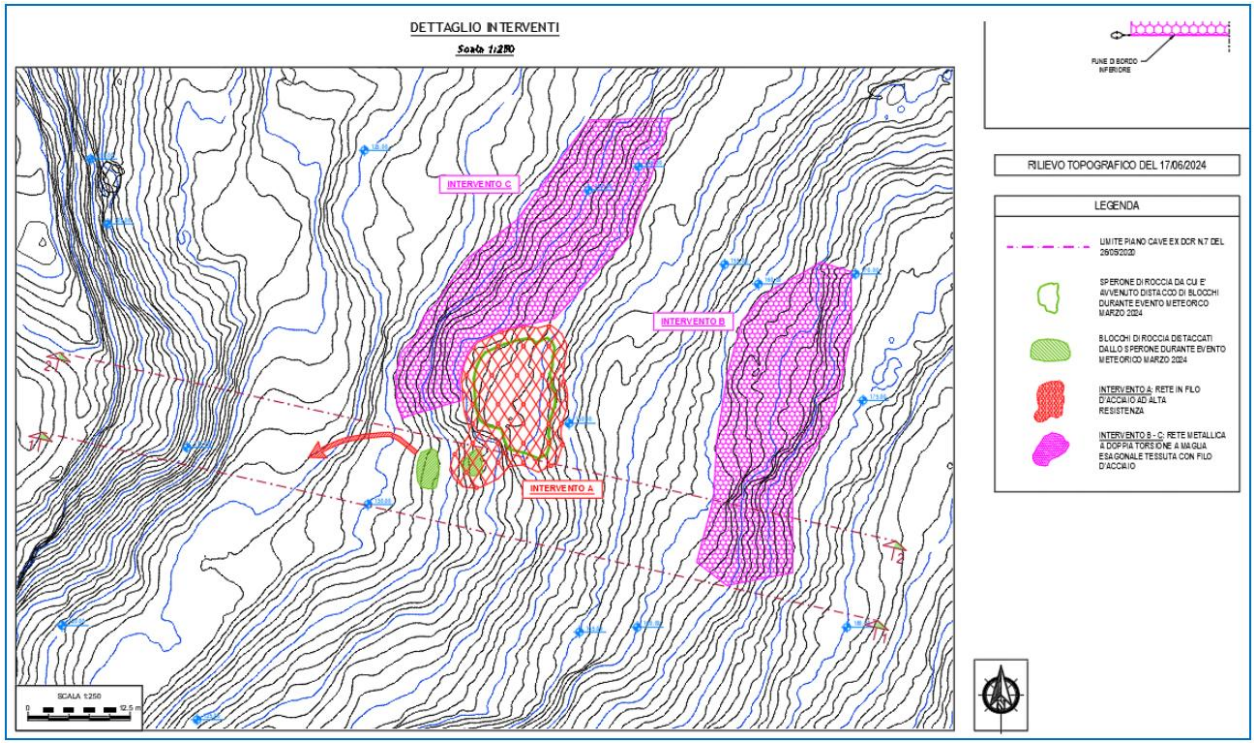


Fig. n. 1 – Stralcio planimetria di progetto strutturale di messa in sicurezza di porzione fronte SE cava Montanasco, a cura ing. G. Cuniberti

…..Sulla scorta degli studi geologici sviluppati per il progetto di coltivazione di cava e dei sopralluoghi puntuali in sito eseguiti prima e dopo il sopracitato evento meteorico del marzo 2024, sono stati individuati i seguenti interventi di sistemazione per la mitigazione del rischio. In sintesi, con riferimento agli elaborati grafici allegati, gli interventi consistono in:

1)

Disgaggio per l'allontanamento dei massi di maggior impatto volumetrico ovvero di tutti i detriti superficiali instabili presenti sul fronte in esame

2)

Placcaggio rigido degli elementi più critici: placcaggio dello sperone fratturato e del primo masso in distacco (previa ulteriore riduzione volumetrica di eventuali ulteriori parti instabili) con rete di protezione in filo d'acciaio ad alta resistenza e fune metallica ancorata in roccia (INTERVENTO "A")

3)

Protezione superficiale di porzioni che non risultano in condizioni di particolare instabilità ma che parrebbero presentare un certo grado di latenza (intervento a garanzia di una maggior sicurezza): posa di rete metallica ancorata in testa e al piede (INTERVENTI "B" e "C")…….

(estratto relazione di progetto strutturale ing. G. Cuniberti)

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.

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'instaurarsi dell'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 che proprio in forza del disturbo tettonico incipiente non sarà fatto oggetto di future attività estrattive,

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.

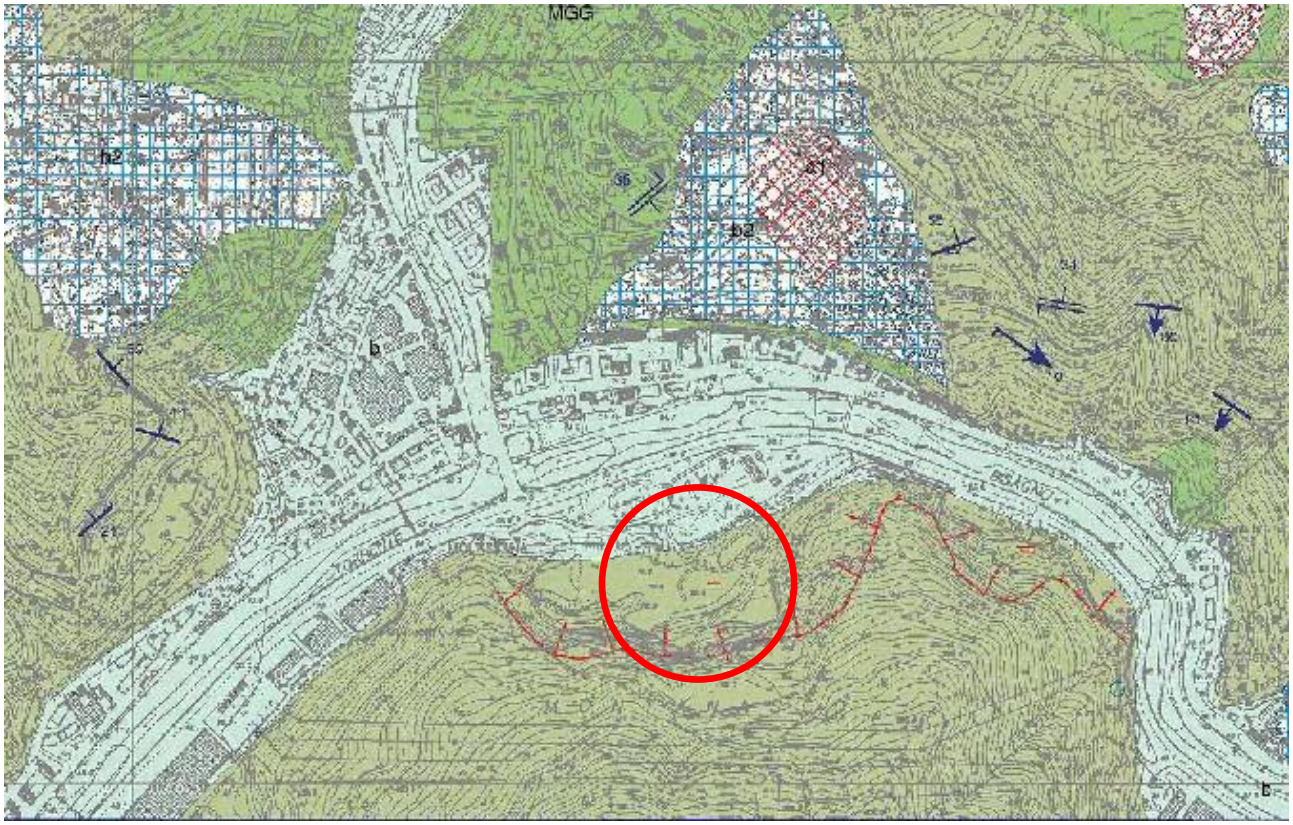
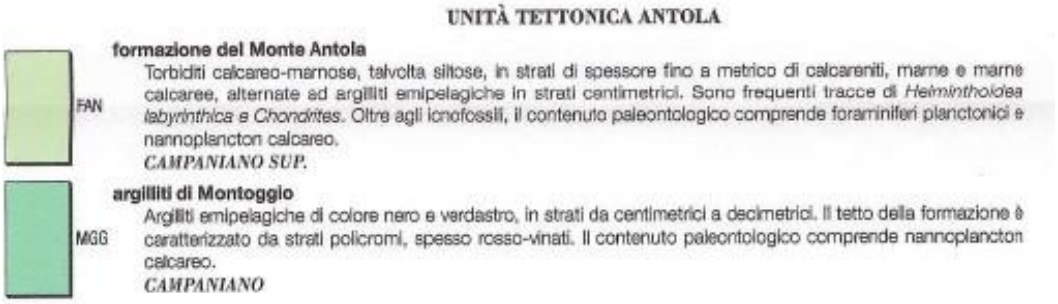


Fig. n. 1 – CARG foglio Genova - Carta geologico strutturale stralcio sc. 1: 10.000



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.

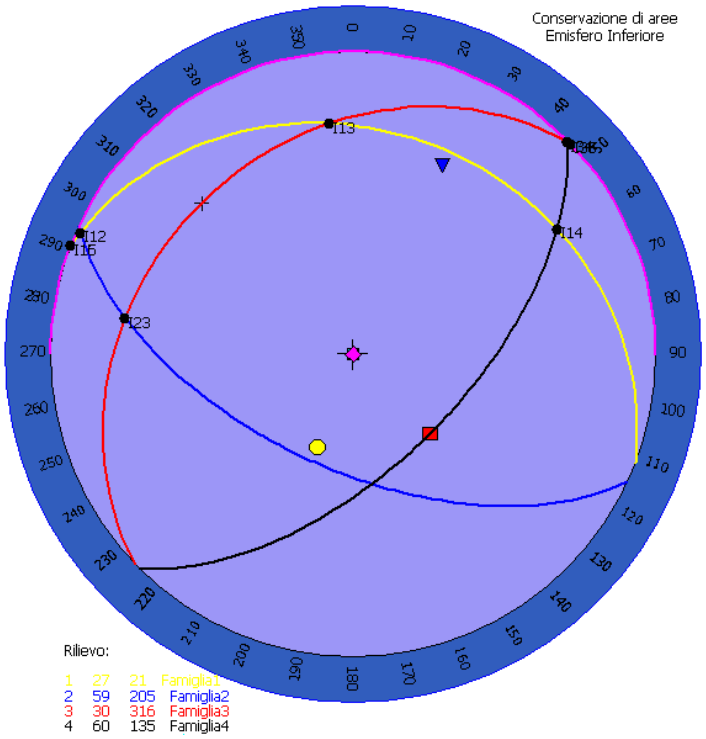
Nel corso delle attività di rilevamento, in corrispondenza dei singoli ARS, si sono acquisiti i profili di rugosità delle discontinuità mediante profilografo tipo "pettine di Barton", calcolando il valore del parametro JRC (Joint Roughness Coefficient) e confrontandolo con i profili di riferimento riprodotti 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
10	94	25
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

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.

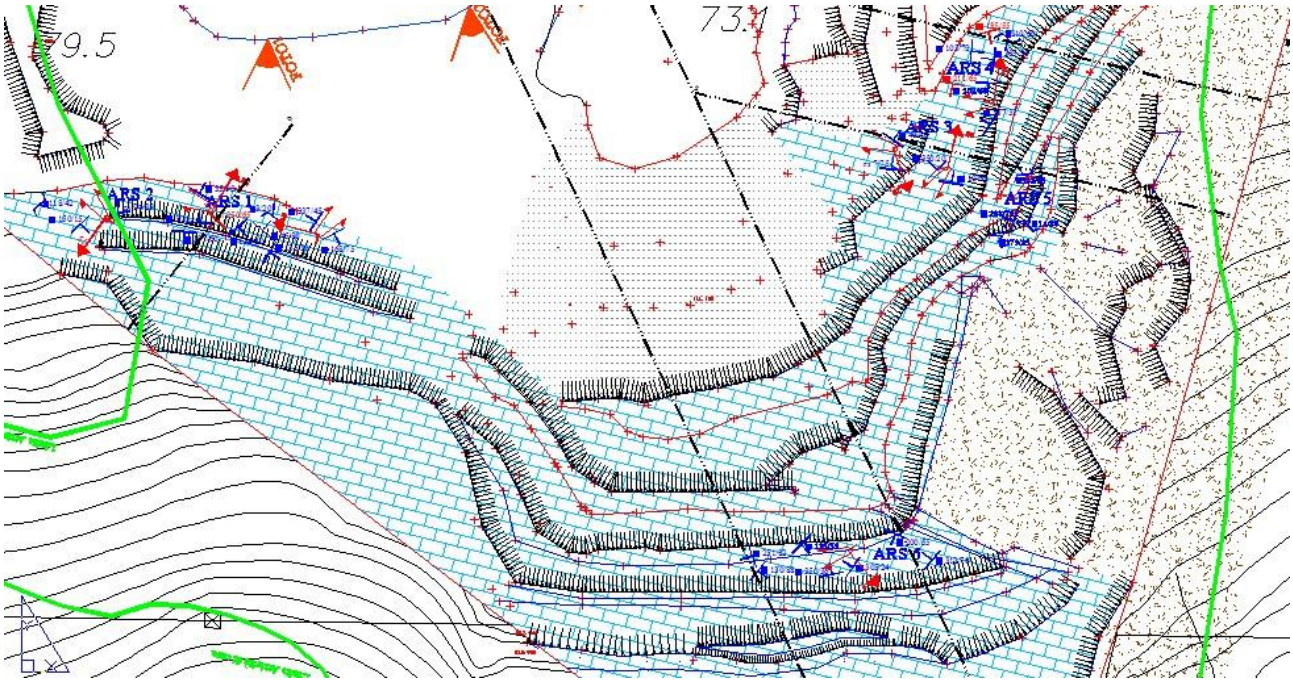
La classificazione di Barton, sviluppata al Norwegian Geotechnical Institute nel 1974 per gallerie e caverne, si basa su tre rapporti che definiscono rispettivamente la struttura dell'ammasso roccioso, le caratteristiche di resistenza meccanica dei giunti, variabili in funzione del grado di alterazione 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

Boissano, aprile 2026.



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 17/01/2018, 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 17/01/2018, 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

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Al fine di ottemperare alle richieste di integrazione pervenute dal Comune di Genova Settore Direzione Urbanistica – Ufficio Geologico con lett. prot. 432155 del 18 dicembre 2017, lo scrivente, a partire dai primi mesi del 2018, ha programmato e seguito una campagna di indagini geognostiche rappresentata da n. 2 terebrazioni a carotaggio continuo, mediante sonda oleodinamica, eseguite dalla ditta Geofisica ed Ambiente sas di Baudoino Marco.

Nel presente capitolo, si relaziona anche in merito ad una precedente indagine geofisica eseguita sin dal dicembre 2013 dal dott. geol. Sergio Aicardi, finalizzata alla caratterizzazione sismica e litostratigrafica del versante SE ad oggi non assoggettato ad attività estrattive.

L'ubicazione delle indagini sia di tipo geognostico che geofisiche sono indicate nella tavola 1-GEO "Carta geologico strutturale e d'ubicazione delle indagini " allegata alla presente.

Indagini geognostiche a carotaggio continuo

La campagna inizialmente constava di n. 1 sondaggio a carotaggio continuo esteso sino alla profondità di n. 15 m. a partire dal p.c.; in un secondo momento, si è deciso di sospendere il sondaggio S1 alla profondità di – 11 m. e realizzare un secondo sondaggio mirato al prelievo di campioni indistrubati da sottoporre ad analisi di laboratorio.

Si è raggiunto, in tale modo, il duplice risultato di: 1) indagare la profondità dell'interfaccia coperture sciolte eterogranulari in continuità con la frazione milonitizzata del substrato roccioso e l'ammasso roccioso sottostante in discrete condizioni di conservazione; 2) caratterizzare i valori geotecnici di resistenza a taglio dei terreni di copertura, prelevando lungo il sondaggio S2 n. 2 campioni indistrubati, di tipo Shelby.

Le terebrazioni sono state ubicate secondo le indicazioni sulla distribuzione dell'indice di qualità dell'ammasso roccioso (geologichal strenght index "GSI") emerso dalla campagna del rilevamento di superficie, organizzato mediante gli ARS (vd tav. n. 2.GEO "carta qualità dell'ammasso roccioso" allegata).

L'area d'indagine è stata identificata tra le zone contraddistinte dai valori di GSI più bassi distribuite lungo il fronte di cava, assumendo quale criterio di scelta l'area contraddistinta dai valori più elevati di potenza delle coltri sciolte di copertura.

Sotto il profilo litostratigrafico il sondaggio S1 può essere schematizzato secondo la seguente litostratigrafia:

S1 da 0.00 - 11,0 m. da p.c.

profondità (m)	litologia	SPT	RQD	Campioni	Note
0-5,60	ciottoli a spigoli vivi di calcare in matrice limo-sabbiosa, di colore grigio chiaro, con passate a maggior comportamento plastico condizionate dalla presenza di minerali argillosi.				
5,50 – 5,80	spezzone di carota litica in continuità con i ciottoli eterodimensionali; presenza di ricristallizzazioni in calcite lungo le discontinuità che contraddistinguono lo spezzone di carota		12% (5-6 m.)		
5,80 – 6,0	ciottoli di dolomia eterodimensionali in scarsa matrice limo sabbiosa di colore grigio scuro				
6,0 – 6,25	spezzone di carota litica con presenza di ricristallizzazioni di calcite lungo le discontinuità colore grigio chiaro del litotipo		25% (6 - 7 m.)		
6,25 – 7,30	ciottoli di dolomia eterodimensionali in matrice limo sabbiosa argillosa di colore grigio scuro - marroncino		50% (7 – 8 m.)		
7,30 – 11,30	spezzoni di carota di dolomia da fratturati a microfratturati con riscristallizzazioni in calcite e patine di ossidazione lungo le fratture beanti ad indicare passaggio di abbondanti venute d'acqua, con deposizione di minerali argillosi. Il colore del campione varia dal grogio chiaro al grigio scuro		45% (8-11 m.)		

S2 da 0.00 - 4,0 m. da p.c.

profondità (m)	litologia	SPT	RQD	Campioni	Note
0-1,0	ciottoli e ghiaia a spigoli vivi di calcare in matrice argilloso-limosa di colore ocra-giallo, a prevalente comportamento plasticoin condizioni di saturazione.				
1,0 –2,0	scheletro litico costituito da ghiaia da media a fine in matrice limo sabbiosa e debolmente argillosa di colore giallo ocra, con percentuale di fine in riduzione. il campione tende ad avere un basso indice di plasticità			Shelby (1,0 – 1,30 m.)	
2,00 – 3,0	ghiaia fine e sabbia in condizioni di addensamento. Il colore diviene grigio/giallo chiaro e si riduce ulteriormente la % di terreno fine			Shelby (2,0 – 2,30 m.)	
3,0 – 4,0	terreno allo stato incoerente con scheletro litico abbondante in matrice limo sabbiosa di colore giallo chiaro e tendente al grigio chiaro. presenza di abbondanti ciottoli eterodimensionali a spigoli vivi di dolomia	13-18-23 (3,0-3,45)			

In allegato alla presente di riporta la litostratigrafia di dettaglio dei sondaggi e l'elaborato fotografico delle cassette porta campione.

I campioni indisturbati prelevati nella cassetta del sondaggio S2 sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di copertura. In particolare, sono stati eseguiti le seguenti analisi:

S2, Shelby n. 1 (prof. 1,0 – 1,30 m. p.c.) – taglio diretto tipo CD; Limiti di Atterberg; fuso granulometrico.

S2, Shelby n. 2 (prof. 2,0 – 2,30 m. p.c.) – Taglio ad espansione laterale libera ELL.

Si allegano le tabelle ed i diagrammi di sintesi dei referti di laboratorio.

Assumono rilevanza ai fini delle verifiche di stabilità agli stati limite tipo SLC, lungo le sezioni assunte come maggiormente cautelative, trasversali al fronte di scavo, i valori del peso di volume naturale ed i valori dei principali parametri di resistenza a taglio dei terreni di copertura del substrato roccioso:

Coesione efficace: 13,1 Kpa;
angolo d'attrito interno efficace: 26°;
peso di volume naturale: 272 KN/m^3;
ghiaia: 5,37% - sabbia: 9,71% - limo/argilla: 84,91%;
coesione non drenata cu: 373,815 Kpa;
E_{50}: 3,33% σ_1: 371,86 (Kpa); E: 8,92% σ_1: 747,63 (Kpa).

Infine, ed a titolo puramente comparativo si riportano nel seguito gli esiti dello sviluppo della prova penetrometrica standard in foro, tipo SPT eseguita lungo il sondaggio S2 alla profondità ricompresa tra i -3 ed i -3,45 m. da quota p.c.:

Prof. Strato (m)	Nspt	Tipo	Peso Unità di Volume (t/m³)	Peso Unità di Volume saturo (t/m³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità onde di taglio (m/s)
3.0-3.45	41	Incoerente	2.21	2.11	39.8	1.48	111.68	328	0.27	2132.7	144.49

I valori dei parametri desunti dall'interpretazione della prova SPT devono considerarsi di prima approssimazione rispetto a quelli desunti dai referti di laboratorio sui campioni indisturbati.

RAPPORTI TRA INDAGINI DIRETTE E RILEVAMENTO DI SUPERFICIE

In relazione alle attività di rilevamento delle principali discontinuità strutturali organizzate in famiglie principali si sono riportati i risultati di sintesi delle analisi di classificazione dell'ammasso roccioso al paragrafo omonimo.

Sotto il profilo delle indagini geognostiche dirette si sono ottenuti i valori di caratterizzazione geotecnica delle coltri sciolte di alterazione del substrato litoide ed i valori del RQD "rock quality designation" attraverso l'analisi dimensionale degli spezzoni di carota.

I valori di rock quality designation sono riportati nell'ambito delle analisi locali di classificazione dell'ammasso roccioso e possono essere utilizzati come termini di confronto per definire indirettamente un grado di cataclasi e quindi anche di qualità del substrato roccioso in profondità ed in affioramento.

Nel caso specifico, i valori di raffronto sono desunti dalle aree di rilevamento strutturali n. 4 (fascia altimetrica 115<Q<135 m.) e 5 (fascia altimetrica 138-145 m), che risultano più prossime alla zona di esecuzione del sondaggio geognostico a carotaggio continuo S1 (quota 139 m.l.m.m):

prof. (m)	RQD sondaggio S1	RQD ARS n. 4	RQD ARS n. 5
6.25-7.30	50%	54%	49%
7,30-11,30	45%		

I valori tabellari di RQD% indicano la coerenza tra i dati di sintesi del rilievo geologico strutturale, eseguito nelle aree di rilevamento strutturale di riferimento, ed i valori desunti dall'osservazione del campione litoide estratto dal sondaggio a carotaggio continuo.

I valori di RQD, indicanti i valori di fratturazione dell'ammasso roccioso sono assolutamente comparabili. Si osserva che i dati possono essere correlati anche in termini di fasce altimetriche, almeno tra il sondaggio S1 e l'area di rilevamento n. 4.

L'analisi comparativa ci consente di estendere i risultati delle analisi di classificazione dell'ammasso roccioso, eseguite mediante il criterio del geological strenght index "GSI" anche in profondità.

I valori caratteristici dei parametri di resistenza a taglio dell'ammasso roccioso, sia in termini di picco che residui, desunti dal criterio di classificazione dell'ammasso possono pertanto essere impiegati nelle sessioni di verifica della stabilità agli stati limite lungo le sezioni assunte come maggiormente cautelative (vd. modello geotecnico a corredo del progetto di variante al programma approvato).

TOMOGRAFIA SISMICA

L'indagine tomografica ha interessato principalmente il settore sud orientale della proprietà della ditta Frantoi Srl, attualmente "vergine".

La tavola 1. GEO "carta geologico strutturale e di ubicazione delle campagne d'indagine" indica correttamente il posizionamento delle stese sismiche a rifrazione da cui si è dedotta l'elaborazione tomografica.

L'interpretazione dei dati, curata dallo studio Progea, ha permesso di interpretare l'assetto geostrutturale e litostratigrafico del fronte (vd. sezioni tomografiche), evidenziando i rapporti giaciturali, in profondità, tra le coperture in terreni coesivi/incoerenti ed il substrato roccioso di base.

Di quest'ultimo l'indagine tomografica ha fornito una caratterizzazione di prima stima sotto il profilo geologico-strutturale, ed indirettamente i valori dei parametri di resistenza a taglio "coesione ed angolo d'attrito interno desunti dalle note correlazione tra le velocità di propagazione delle onde P, i valori di RQD, del parametro "Q" della classificazione di Barton e di "RMR" della classificazione di Bieniawsky.

I valori di RQD correlabili alle velocità misurate in profondità delle onde P, variano tra un minimo di 46% ed un massimo di 95%. Il valore di minima (RQD = 46%) è perfettamente coerente con i valori desunti sia delle analisi sugli ARS, sia dalla litostratigrafia del sondaggio S1.

Si riporta nel seguito la tabella di sintesi dei valori geotecnici da attribuirsi al substrato roccioso tra i 10 ed i 15 m. a partire dal piano campagna:

	RMR	Q	RQD – Iv	c[kPa]	.φ°	E[Gpa]
MAX	44	0.007	95	220	27	7
min	35	0.003	46	174	22	4

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. 216 del 17.03.2017, entrata in vigore il 19 aprile 2017 (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 rocciosi 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 $i > 30°$

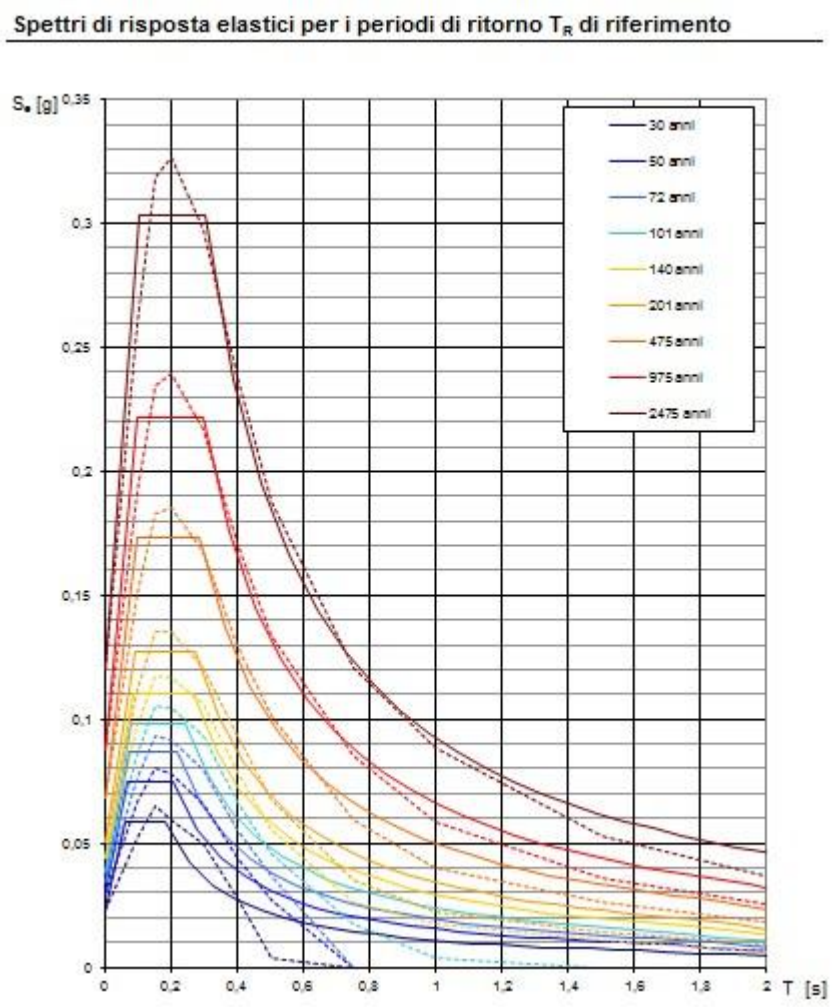
In base alle caratteristiche proprie del sito sono stati ricavati i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali “Kh e Kv”, utilizzati nelle verifiche di stabilità (Stato limite di salvaguardia della vita SLV):

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.

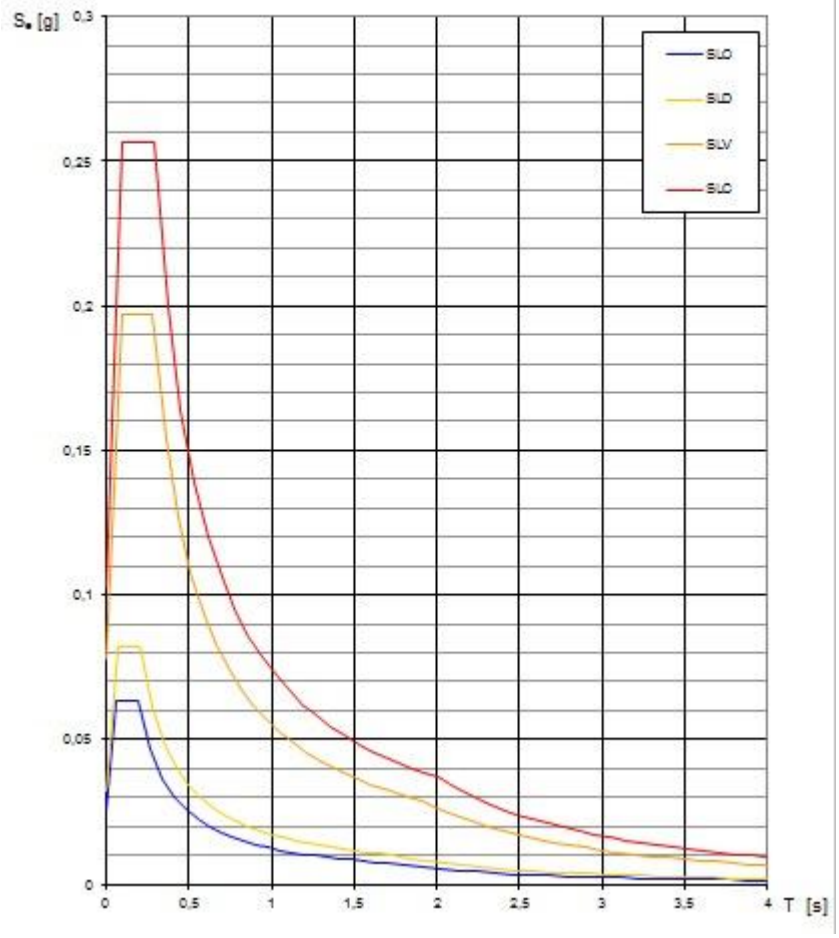


Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

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 (vd. progetto di messa in sicurezza a firma ing. G. Cuniberti allegato; ex art. 674 DPR 128/195) – USL n. 3 Genovese provvedimento prot. n. 0089610 del 6/06/2024).
Nell'ambito del progetto di variante al Piano di Coltivazione approvato (ex D.D. n. 2021-118.0.0.-169), sono state elaborate le necessarie soluzioni strutturali di progetto atte a garantire la messa in sicurezza del tratto di versante interessato in passato dai fenomeni gravitativi (fronte SE dell'anfteatro di cava).
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 da un lato verso la vasca di decantazione ubicata sul margine orientale del piazzale superiore a servizio dell'attività di cava, e dall'altra all'interno della "fossa in progetto a quota 58,0 m." e tramite foro passante all'attuale sistema di trattamento e smaltimento delle acque già autorizzato mediante l'A.U.A. n. 681 del 24/02/2015, rilasciata dalla Città Metropolitana.
Nelle linee generali delle soluzioni progettuali adottate si mira ad ottenere i seguenti obiettivi:

1) la realizzazione degli interventi di messa in sicurezza di tipo strutturale e contestualmenteil miglioramento del sistema di regimazione delle acque ruscellanti lungo tutto il tratto di versante a SE dell'anfiteatro di cava, interessato negli anni precedenti da un sostanziale disequilibrio di versante.
2) L'esclusione del suddetto fronte da qualsiasi previsione di sviluppo delle attività estrattive.
3) La realizzazione di gradoni/piste di arroccamento mirati ad ottimizzare la porzione centrale dell'anfiteatro di cava ancora coltivabile a quote inferiori rispetto al gradone di quota 150,0 m.l.m.m., migliorandone le condizioni di stabilità delle scarpate inter-gradone attraverso una sensibile riduzione dell'altezza di progetto.
4) La realizzazione di un sistema di piste a margine dello scavo a fossa realizzato per sbasso dell'attuale quota del piazzale posto a + 72 – 73 m.l.m.m., sino alla quota di progetto +58 m.l.m.m. Le piste sono dotate delle necessarie infrastrutture volte alla corretta regimazione delle acque di deflusso superficiale, aventi come recapito finale l'impianto di trattamento acque autorizzato dalla Città metropolitana.
5) Gli interventi di riprofilatura dell'attuale fronte di cava autorizzato, accompagnato dagli interventi di rinaturalizzazione delle zone a fine ciclo, consentiranno di migliorare la stabilità complessiva delle scarpate inter-gradone avendo assunto in corso di realizzazione delle fasi di scavo angoli di scarpa coerenti con i valori dei parametri geotecnici di resistenza a taglio propri sia dell'ammasso roccioso che dei terreni di copertura.

I suddetti interventi rendono necessaria l'adozione di un progetto in variante al piano di coltivazione approvato, che nel settore orientale risulta in parte non realizzabile in ragione delle intervenute problematiche di stabilità intervenute a seguito dei passati eventi alluvionali sia per ragioni di ottimizzazione delle volumetrie estraibili in sicurezza, reperibili mediante il ribassamento dell'attuale quota del piazzale di servizio a quota + 72/73 m.l.m.

Savona 12 agosto 2024.



ALLEGATI AL TESTO

Progetto di messa in sicurezza strutturale del dissesto lungo il fronte SSE dell'anfiteatro di cava a firma dell'ing. G. Cuniberti

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

Tabelle ed indagini geognostiche tramite sondaggi a carotaggio continuo

Referti analisi di laboratorio sui campioni indisturbati

Interpretazione delle prove tipo SPT lungo il sondaggio S2

Corografia in sc. 1: 10.000

ALLEGATI FUORI TESTO

- Relazione di inquadramento sismico delle aree d'intervento
- Relazione di sintesi delle indagini sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica 2013
- Relazione di inquadramento del polo estrattivo ai sensi della Norma di Piano di Bacino del T. Bisagno
- 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;