INDICE

1 PREMESSA 2
1.1 Oggetto dell'incarico. 2
1.2 Descrizione degli interventi a progetto. 3
2 QUADRO NORMATIVO 5
3 DESCRIZIONE DELL'AREA 7
4 RILIEVI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI CAMPAGNA 9
5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 12
5.1 Assetto litostratigrafico ed analisi geo-strutturale. 13
5.1.1 Dolomie si Monte Rossotta 14
5.1.2 Quarziti di Ponte di Nava 17
5.1.3 Terre rosse 19
5.2 Caratterizzazione ammasso roccioso. 19
5.2.1 Dolomie si Monte Rossotta 21
5.2.2 Quarziti di Ponte di Nava 22
6 INQUADRAMENTI SISMICO 24
6.1 Definizione della categoria sismica del sottosuolo. 24
6.2 Azione sismica di progetto. 24
6.3 Definizione dei parametri di partenza 25
6.4 Calcolo dei parametri sismici. 28
7 INDICAZIONI E PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVI ALL'ABBANCAMENTO IN MATERIALI SCIOLTI FUNZIONALI ALLA RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLA CAVA 29
8 DESCRIZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IL RIEMPIMENTO A PROGETTO 30
9 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI 32
10 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA 33
11 CONCLUSIONI 35

ELENCO ALLEGATI

TAV. 1: Corografia (scala 1:10.000)

TAV. 2: Carta Geologica (scala 1:500)

TAV. 3: Sezioni geologiche interpretative (scala 1:1.000)

1 PREMESSA

1.1 Oggetto dell'incarico.

La ditta Bagnasco Edoardo s.r.l. ha incaricato lo scrivente, dott. Geol. Marcello Brancucci, di eseguire la presente relazione geologica ai sensi della *Legge Regionale n°31 del 12/11/2014 Norme per il recupero e la valorizzazione dei siti estrattivi a fini museali, turistici e ricreativi* al fine di ottenere dagli enti competenti l'autorizzazione del progetto di sistemazione ambientale dell'ambito di cava conseguente alla cessazione dell'attività estrattiva.

Nel dettaglio si è proceduto alla verifica della compatibilità *dell'"Intervento di sistemazione finale e recupero ambientale della cava Binè in Comune di Millesimo (SV)"* con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'ambito di cava e dei terreni posti al suo contorno.

Il presente documento viene redatto acquisendo tutta la documentazione geologica e geomeccanica connessa con la relazione geologica a firma del dott. geol. Sergio Rolfo redatta nel 2013 a supporto della richiesta di rinnovo con variante dell'autorizzazione della cava di calcare dolomitico sita in località "Binè" nel Comune di Millesimo (SV).

Si è fatto riferimento, pertanto, al modello geologico e geomeccanico approvato in fase di rinnovo della già menzionata autorizzazione, integrandolo con un rilievo di campagna sia morfologico finalizzato all'individuazione di eventuali forme e/o processi gravitativi ed erosivi sia in forma attiva che quiescente e ad un rilievo geomeccanico di dettaglio, secondo gli standard del I.S.R.M., ad integrazione di quello esistente.

Gli elaborati di progetto redatti dallo studio StaigeS ingegneria s.r.l. sulla base del rilievo topografico del geom. Tomaso Cerruti.

1.2 Descrizione degli interventi a progetto.

Si riportano di seguito le fasi del progetto di sistemazione finale e recupero ambientale delle aree sottoposte all'attività estrattiva, secondo quanto proposto nella nuova ipotesi progettuale. Il dettaglio delle lavorazioni è riportato nella relazione illustrativa:

1) **sistemazione idraulica di un tratto del rio Sardo**,
2) **ricostituzione della morfologia originaria del versante alterata dalle passate operazioni di escavazione, mediante riempimento in materiale sciolto,**
3) **realizzazione di un sistema di drenaggio delle acque superficiali e profonde,**
    1. posa in opera di materiale drenante dello spessore medio di 1 m alla base del riempimento;
    2. posa in opera canalette in terra a sezione trapezia disposte lungo i gradoni (sistema di drenaggio di terzo livello), le piste di arroccamento (sistema di drenaggio di secondo livello) e la realizzazione di un canale (sistema di raccolta di primo livello) che raccogliendo le acque provenienti dalle piste di arroccamento le convoglierà fino alla vasca di decantazione, per la chiarificazione delle acque per poi smaltirle verso il Rio Sardo;
4) **Recupero ambientale del sito mediante rinaturalizzazione del versante ricostituito.**

L'intervento di ricostituzione del versante e contestuale rinaturalizzazione dello stesso sarà suddiviso in due fasi successive, di seguito descritte (rif. tavola grafica 9):

FASE 1: la prima fase sarà costituita dai seguenti interventi:

- realizzazione degli interventi di sistemazione idraulica del rio Sardo mediante regolarizzazione dell'alveo nel tratto compreso tra le sezioni 20 e 30;
- esecuzione del riempimento fino alla quora pari a circa +501 m s.l.m. e della pista di arroccamento orientale;

FASE 2: la fase conclusiva sarà costituita dal completamento del riempimento, con contestuale ultimazione della pista di arroccamento occidentale fino alla quota +522 m.

Ogni fase dovrà prevedere la contemporanea realizzazione delle opere di drenaggio delle acque meteoriche e degli interventi di rinverdimento e rinaturalizzazione.

(Tratto dalla relazione tecnica illustrativa a firma dell'Ing. Desalvo Roberto, amministratore unico e direttore tecnico della StAigeS Ingegneria S.r.l.)

2 QUADRO NORMATIVO

Gli accertamenti sono stati eseguiti in ottemperanza delle seguenti normative:

- **D.M. 17/01/2018**, pubblicato sulla gazzetta ufficiale n. 42 del 20/02/2018, Supplemento Ordinario n. 30. Al Par. 6.2.1 tale normativa prevede che: gli interventi a progetto devono essere corredati da un elenco di elaborati volti a definire i seguenti assetti locali: geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico. In particolare, attraverso il modello geologico devono essere evidenziati i caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e più in generale, di pericolosità geologica del territorio oggetto dell'intervento.

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**: Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica 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 (stesura finale 2003).

- **Eurocodice 7.1 (1997)**: Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali. UNI.

- **Eurocodice 7.2 (2002)**: Progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI.

- **Eurocodice 7.3 (2002)**: progettazione geotecnica–Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). Uni.

- **Piano Territoriale di Coordinamento Paesaggistico (PTCP)**, approvato con delibera del Consiglio Regionale del 25 febbraio 1990, n°6 e s.m. e i. .

- **Piano Territoriale di Coordinamento dell'Area Centrale Ligure**, approvato con deliberazione del Consiglio Regionale del 31 luglio 1992, n°95 e s.m. e i. .

- **D.lgs. 3 aprile 2006, n°152 e s.m. e i.** recante "Norme in materia ambientale".

- **Legge Regionale 5 aprile 2012, n°12**, recante "Testo Unico sulle Disciplina dell'Attività estrattiva" e s.m. e i., in particolare Art.2 c.2, che prevede l'approvazione da parte della Giunta Regionale della proposta di Piano Territoriale regionale delle Attività Estrattive (PTRAC).

- **Legge Regionale 10 agosto 2012, n°32 e s.m. e i.**, recante disposizioni in materia di Valutazione Ambientale Strategica (VAS).

- **Legge regionale 12 novembre 2014, n°31:** "Norme per il recupero e la valorizzazione dei siti estrattivi a fini museali, turistici e ricreativi.

- **D.G.R. n.672 del 26/07/2019:** "disciplina dei materiali da impiegare nelle riqualificazioni ambientali delle cave. Modifica linee guida approvate con DD.GG.RR. 141/2008, 141/2010 e 431/2015. -Disciplina dei residui di lavorazione dell'ardesia".

3 DESCRIZIONE DELL'AREA

Il sito estrattivo di Binè è costituito da una cava di calcare a cielo aperto, posta a sud del centro abitato di Millesimo, a cui si accede attraverso una breve pista sterrata con sbocco sulla viabilità provinciale (S.P. n. 51) che collega Millesimo a Calizzano.

La cava è posta sul versante sud-est del bric San Bernardo, ad una quota compresa tra 450 e 550 m s.l.m., e si estende su un'area di circa 5,5 ha. Essa risulta identificata con la sigla 24 SV nell'Ambito 5 (Bormide) del PTRAC.

Il sito estrattivo risulta ubicato in una zona scarsamente urbanizzata, caratterizzata da una copertura boscata continua costituita principalmente da castagneti.

L'area delimitata dal PTRAC racchiude i mappali identificati catastalmente al foglio 7 mappali 81, 86, 87, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 153, 154, 155, 196, 199, 217, 238, 239, 241, 255, 256 dell'NCT. Le attività estrattive hanno interessato solo i mappali 86, 87, 123, 124, 125, 126, 127, 199, 217, 238, 239, 255, 256.

Il litotipo estratto dalla cava è calcare classificabile come **dolomia di Monte Rossotta**, alternato ad altre tipologie sempre calcaree ed inframmezzato alle **quarziti di Ponte di Nava** che risultano concentrate nella parte orientale della cava. Il substrato roccioso risulta piuttosto prossimo alla superficie, essendo ricoperto da una coltre eluvio-colluviale di spessore mediamente inferiore al metro.

Il limite sud dell'area di cava, lungo cui è posta la pista di accesso all'area estrattiva, confina con il rio Sardo, corso d'acqua appartenente al reticolo idrografico di secondo livello (in base a quanto indicato all'art. 3 del R.R. 3/2011 e s.m.i.) che nasce dalle pendici del bric Sardo poco a monte della cava. Il rio Sardo confluisce a sua volta nel fiume Bormida di Millesimo, circa 140 m a valle della S.P. n. 51. Come meglio descritto nella relazione idraulica, allo stato attuale l'alveo del rio Sardo presenta alcune criticità legate all'insufficienza delle sezioni trasversali nel tratto compreso tra le sezioni 25 e 30 (rif. tavola 02), che determinano il deflusso incontrollato delle portate lungo la pista di accesso all'area di cava con conseguente forte erosione della stessa, come evidenziato anche nella documentazione fotografica allegata.

L'autorizzazione originaria alla conduzione dell'attività estrattiva è stata rilasciata dalla Regione Liguria con D.G.R. n. 1755 dell'01/04/1982. Successivamente sono state richieste ed autorizzate alcune varianti al programma di coltivazione. L'attività estrattiva, effettuata con utilizzo di esplosivo e abbattimento meccanico, è proseguita fino al 2008. A partire da tale data, il sito non è più stato oggetto di estrazione: lo stato dei luoghi risulta pertanto sostanzialmente immutato rispetto al momento della sospensione dell'attività.

Allo stato attuale la fisionomia della cava è caratterizzata dalla presenza di due piazzali principali, alle quote +454 m e +475 m s.l.m., raggiungibili a partire dalla pista di accesso e posti alla base dei fronti interessati dalla passata escavazione. Si individuano altre aree sub-pianeggianti, di dimensioni inferiori rispetto alle precedenti, alle quote +465 m, +510 m, +518 m e +526 m s.l.m. I fronti interessati dall'escavazione sono disposti in direzione sud/sud-est; dato il loro andamento subverticale, essi risultano totalmente privi di vegetazione ed esposti all'azione erosiva espletata dagli agenti atmosferici. Le uniche aree in cui si osserva uno sporadico rinverdimento spontaneo sono quelle pianeggianti o con pendenze inferiori e caratterizzate dalla presenza di uno strato di terreno idoneo allo sviluppo della vegetazione.

All'interno dell'area di cava non sono presenti strutture fisse, ad esclusione di una piccola baracca realizzata in pannelli lignei posta lungo la strada di accesso alla quota di circa +478 m s.l.m.

4 RILIEVI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI CAMPAGNA

Il territorio pedemontano in cui si inserisce l'area di cava presenta aspetti assai diversificati dal punto di vista morfologico, caratterizzati essenzialmente da aree di fondovalle coincidenti con la piana del Torrente Bormida di Millesimo e da zone collinari, boscate, raramente coltivate e di norma disabitate.

Il paesaggio morfologico è in gran parte determinato dalle condizioni geologiche quali litologia, stato di conservazione della roccia e dalle strutture tettoniche.

Nell'ambito dell'area in esame affiorano essenzialmente litotipi appartenenti al "Dominio Prepiemontese", costituiti da dolomie con intercalazioni calcaree (**Dolomie di Monte Rossotta**), quarziti (**Quarziti di Ponte di Nava**) e conglomerati poligenici (**Formazione di Monte Pianosa**).

Tali litotipi sono generalmente associati a speroni e falesie ad elevata acclività che si stagliano nettamente rispetto alla morfologia circostante e sono sovente visibili da notevoli distanze.

Decisamente più blandi appaiono i versanti a lato dell'area di cava dove le quarziti lasciano spazio a metasedimenti fini (Formazione di Murialdo) attribuiti al "Dominio Brianzonese", a loro volta sottostanti in trasgressione ai conglomerati ed arenarie della Formazione di Molare.

I versanti a lato della cava sono, infine, interessati da corsi d'acqua minori, affluenti del Rio Sardo, che mostrano una spiccata capacità erosiva evidenziata da una serie di erosioni concentrate di fondo. Tale capacità erosiva risulta accentuata anche dal fatto che il reticolo idrografico è spesso impostato lungo lineamenti strutturali.

La maggior parte dell'area di cava è interessata da roccia affiorante o subaffiorante al di sotto di 1÷3 m di copertura in materiale sciolto. Le coltri eluvio-detritiche hanno, infatti, spessore normalmente modesto (fino a 3 m), generalmente asportato nelle porzioni in cui "affiorano" i gradoni in roccia.

Esternamente all'area di cava, viceversa, le coltri eluvio-colluviali occupano un vasto areale di affioramento interrotto solamente da sporadici tratti di roccia affiorante.

In generale (sia internamente, sia esternamente all'area di cava) si osserva che sul substrato calcareo predominano le terre rosse che, nelle zone meno acclivi, possono anche raggiungere anche i 10 ÷ 30 metri di potenza. Sono costituite soprattutto dagli elementi insolubili del calcare, come l'ossido di ferro (FeO) che attribuisce il colore ruggine al terreno agrario, in seguito alla degradazione delle rocce calcaree e da sostanze argillose e impurità, presenti in origini nelle rocce calcaree stesse.

Sui substrati quarzitici si osservano invece suoli sabbiosi, generalmente sottili, composizionalmente eterogenei, con scheletro abbondante ad elevata pietrosità, e frammenti litici a spigoli vivi di varia dimensione in una matrice limosa talora abbondante.

I corsi d'acqua di basso ordine gerarchico, che interessano l'area in esame, scorrono lungo i versanti a pendenza elevata e tendono ad approfondire i loro alvei mediante erosione concentrata di fondo. Il fenomeno si verifica talora in maniera molto marcata, sia per le condizioni di conservazione del substrato roccioso, sia probabilmente anche per effetto della neotettonica.

Sono infine presenti, esternamente all'area di cava, colate di piccole o medie dimensioni, con circoscritta nicchia di distacco e con materiale fluidificato, che determina tipiche ondulazioni della superficie topografica. Si tratta di fenomeni localizzati nei quali il limite tra massa in movimento ed il materiale in posto può essere una superficie netta di movimento differenziale, oppure una zona di scorrimenti distribuiti. Il movimento varia da estremamente rapido ad estremamente lento.



Fig.2: Piazzale basso cava fotografato dell'ingresso della stessa.

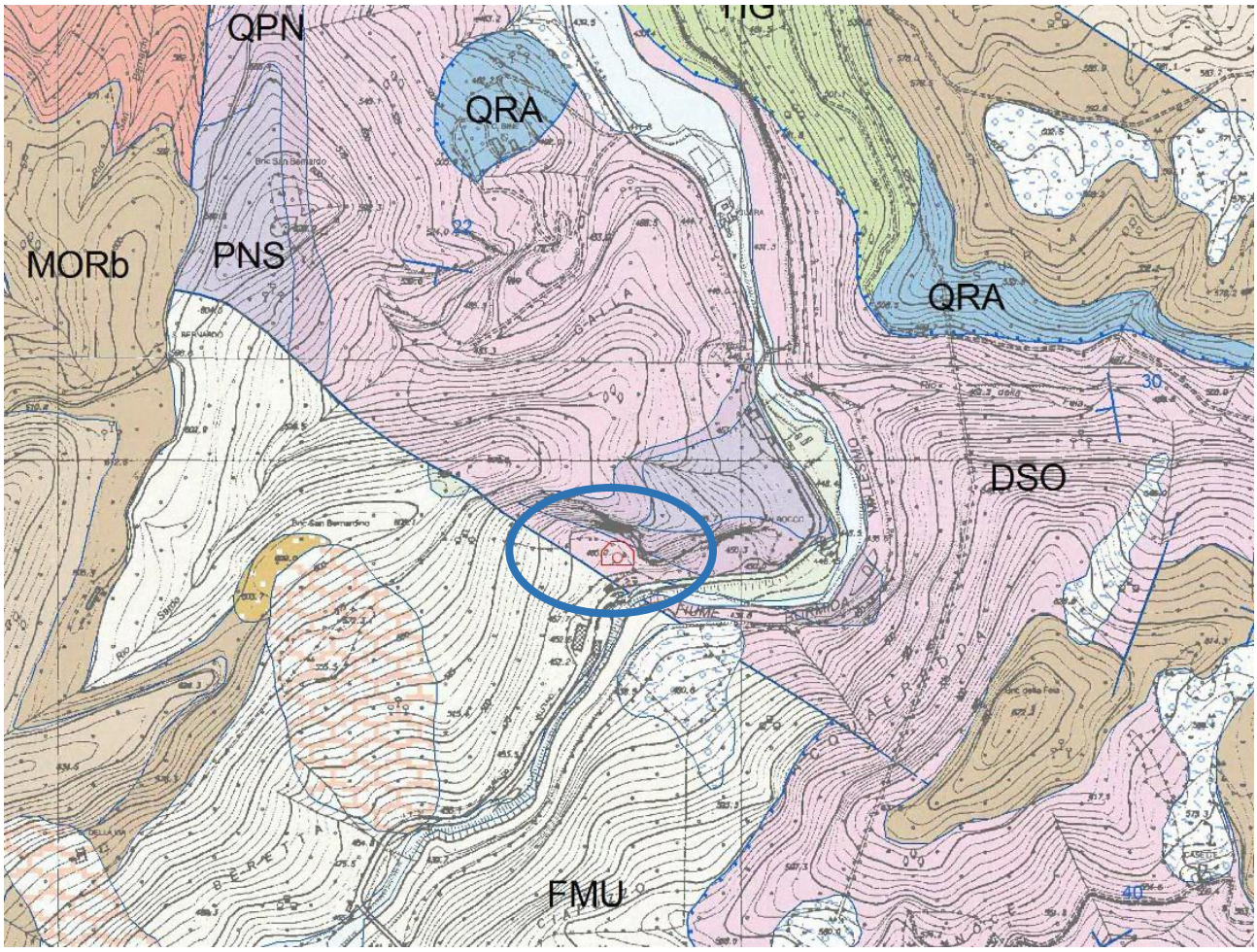


Fig.4: Fronte di cava in dolomie al cui apice si nota la presenza delle Terre rosse, fotografato dal piazzale intermedio della cava.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico generale i litotipi presenti nell'area sono riconducibili a formazioni geologiche di età ed evoluzione strutturale molto diverse, variamente coinvolte nelle fasi deformative che caratterizzano l'orogenesi alpina ed in seguito negli eventi successivi, fino a quelli che recentemente, e anche attualmente, interessarono l'evoluzione neotettonica della zona.

La zona analizzata, infatti rappresenta la porzione terminale del Bacino Terziario ligure Piemontese (BTP) al contatto con il Dominio Brianzonese (Unità Tettonostratrigrafica di Pamparato – Murialdo) ed il Dominio Prepiemontese (Unità tettonostratigrafica di Monte Sotta).



BACINO TERZIARIO LIGURE-PIEMONTESE

FORMAZIONE DI MOLARE

MOR_d

Siltiti grigio azzurrognole con locale presenza di lenti microconglomeratiche. Stratificazione difficilmente riconoscibile e scarsa organizzazione ad eccezione di intervalli con accenni di laminazione a basso angolo. Bioturbazione pervasiva, abbondante materia organica e fossili: macroforaminiferi (*Eulepidina dilatata, E. roberti, Operculina complanata, Hetherostegina papirata var. gigantea, Nephrolepidina tournoueri, Nummulites intermedius, N. fichteli*), microforaminiferi (*Tritaxia szaboi, Uvigerina mexicana, Heterolepa mexicana, H. cushmani, H. perlucida, Spiroplectammina carinata*), echinodermi (*Echinolampas*), gasteropodi (*Cerithium, Turritella*), lamellibranchi (*Pecten, Chlamys, Meretrix, Pectunculus, Lucina, Ostrea, Cardium*), coralli, briozoi. Depositi di mare sottile che evidenziano un graduale approfondimento al limite transizionale con i termini pelitici della formazione sovrastante.

DOMINIO PREPIEMONTESE

UNITÁ TETTONOSTRATIGRAFICA DI MONTE SOTTA

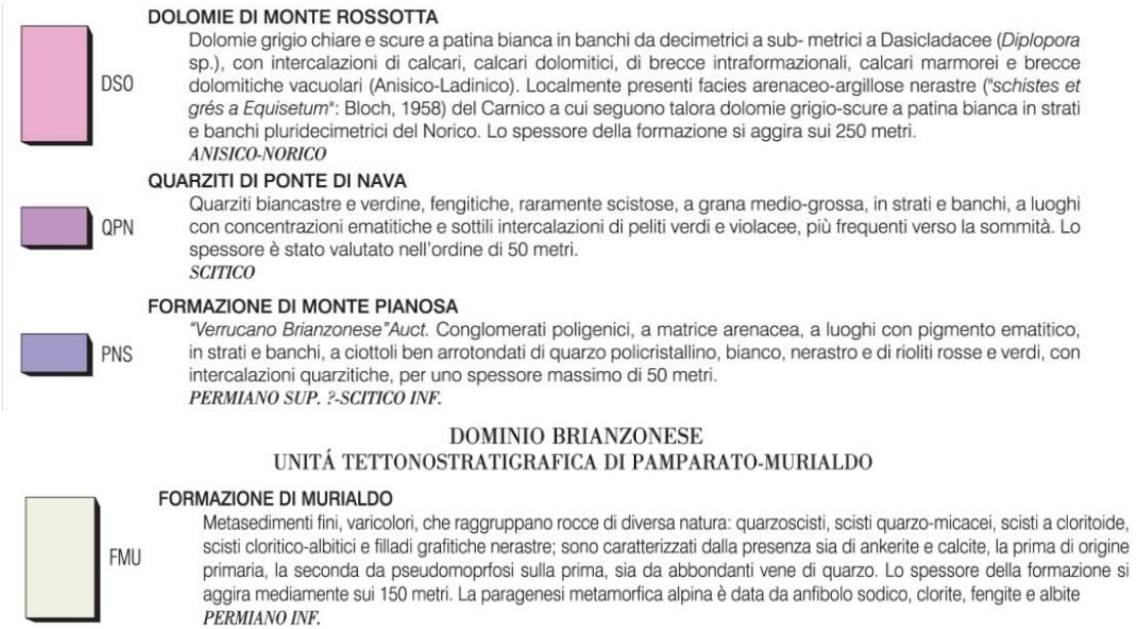


Fig.3: Stralcio Foglio CARG 228 Cairo Montenotte

5.1 Assetto litostratigrafico ed analisi geo-strutturale.

L'assetto litostratigrafico ipotizzato nel 2013 è stato verificato a seguito del rilevamento geologico di dettaglio svolto nel corso del mese di Settembre 2019 che ha permesso di individuare, nell'area di intervento oggetto della presente, le unità litologiche e le loro caratterizzazione geomeccaniche. Nella fattispecie il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso è funzione essenzialmente delle discontinuità (fratture, faglie, stratificazione residua, ev. scistosità).

La valutazione dei parametri caratterizzanti le discontinuità è stata quindi svolta in conformità alle norme I.S.R.M.; di ciascuna frattura sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- orientazione spaziale (giacitura definita da inclinazione del piano e verso di immersione lungo la linea di massima pendenza dello stesso);
- continuità (si prende in considerazione, come valore rappresentativo del sistema di discontinuità, il valore più frequente e non il valore medio);
- spaziatura (intesa come distanza media tra le discontinuità dello stesso sistema di giunti);
- rugosità: (JRC = Joint Roughnes Coefficient - variabile da 0 a 20, fattore rappresentativo dell'irregolarità delle superfici a contatto, determinata per raffronto con profili standard;
- resistenza di parete (MPa): misurata con il "martello di Schmidt" (sclerometro); il valore misurato è correlabile alla resistenza a compressione monoassiale su giunto;
- apertura: risulta definita dalla distanza, tra le due pareti di una discontinuità; occorre completare la misurazione con l'indicazione dell'eventuale riempimento o presenza di acqua.

5.1.1 Dolomie si Monte Rossotta

Il litotipo è rappresentato da dolomie, dolomie calcaree, calcari dolomitici, appartenenti alla formazione mesotriassica delle Dolomie di Monte Rossotta.

In generale il litotipo più frequente della copertura mesotriassica è costituito da alternanze di calcari dolomitici grigio chiaro e scuro disposti secondo strati di potenza da decimetrica a pluridecimetrica con giunti di strato evidenziati da spalmature argillose nerastre; sono inoltre frequenti intercalazioni decimetriche di peliti siltose e di brecce intraformazionali autoclastiche.

Le rocce calcareo-dolomitico, che erano il materiale principale della coltivazione, affiorano nella porzione centro-orientale della cava.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce calcareo-dolomitiche presentano in generale discreta tenacità e compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente con block sizing anche subdecimetrico. Analogamente alle rocce quarzitiche anche quelle calcareo-dolomitiche appaiono alterabili per detrizione termoclastica con formazione di materassi detritici a spigoli vivi ed elevato angolo d'attrito.

E' stata verificata la presenza di 5 famiglie principali di discontinuità così descritte:

- **Famiglia di discontinuità 1 (201/77):** sistema diretto prevalentemente est ovest, inclinato di 77° verso sud. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale limoso-sabbioso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

- **Famiglia di discontinuità 2 (311/84):** sistema subverticale, immergente a nord-ovest, costituito essenzialmente da giunti. Presenta superfici da piane-ondulate a scabre, con deboli aperture (<1 mm), asciutte, con assenza di riempimento. Le discontinuità maggiori hanno una lunghezza intorno ai 3 m con una spaziatura di 25 cm. E' un sistema poco pervasivo.

- **Famiglia di discontinuità 3 (35/25):** sistema corrispondente alla stratificazione, definita dall'alternanza di livelli a competenza differente (Foto 3). E' costituito da superfici, generalmente immergenti verso nord nord-est, con inclinazioni comprese tra 15° ÷ 35°. La famiglia di discontinuità 3 presenta una buona continuità, ma con superfici molto scabre e generalmente chiuse, con una spaziatura variabile compresa tra pochi centimetri e alcuni decimetri.

- **Famiglia di discontinuità 4 (189/37):** Sistema costituito in prevalenza da giunti talora passanti a faglie transtensive sinistre look to nord. Le superfici si presentano scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale breccia- to. Presentano lunghezza inferiore a 10 m con una spaziatura di 80 cm.

- **Famiglia di discontinuità 5 (28/66):** sistema immergente a nord nord-est, inclinato di 66°. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale sbrecciato, talora argilloso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle caratteristiche delle famiglie rilevate:

Famiglie	Orientazione	Persistenza (Continuità)	Apertura	Rugosità (Scabrezza)	Alterazione delle pareti	Riempimento	Spaziatura
1	201/77	> 20 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Sabbioso	200 ÷ 600 cm
2	311/84	da 1 a 3 m	0,1 ÷ 1 mm	Scabri	Non alterate	Assente	20 ÷ 60 cm
3	35/25	da 10 a 20 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
4	189/37	da 3 a 10 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Mineralizzato	20 ÷ 60 cm
5	28/66	da 10 a 20 m	> 5 mm	Molto scabri	Alterate	Mineralizzato	200 ÷ 600 cm

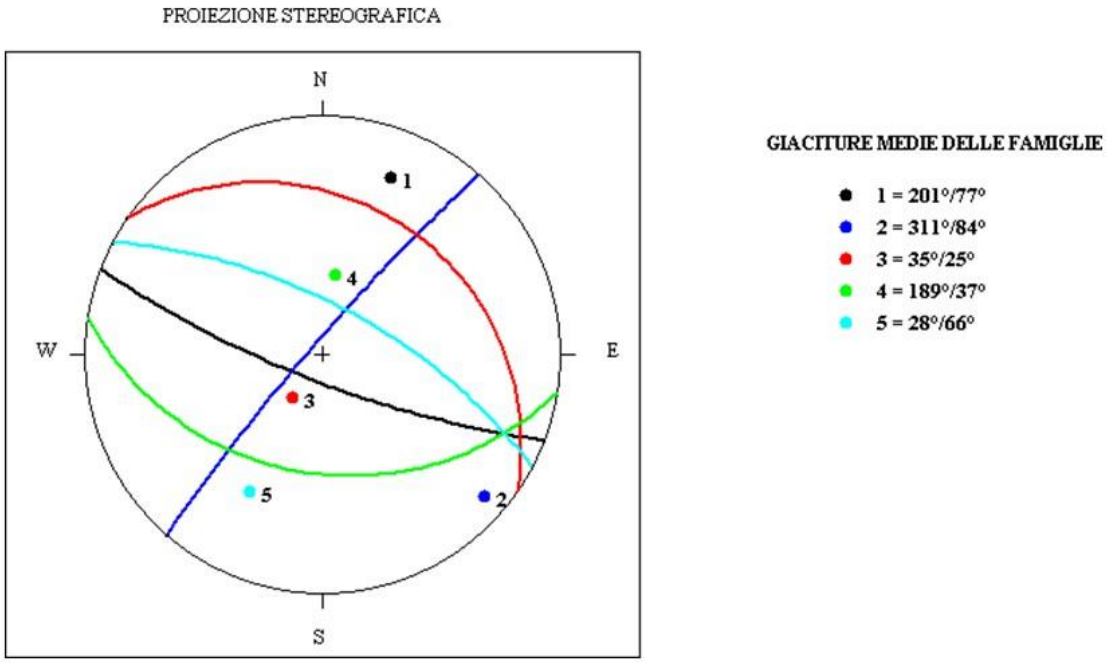


Fig.4: Proiezione stereografica delle giaciture medie delle dolomie

5.1.2 Quarziti di Ponte di Nava

Tali rocce testimoniano la cessazione dell'attività vulcanica permiana e la fase iniziale di ingressione marina triassica. Come accade in molte altre zone, risulta molto difficile distinguere, e quindi delimitare arealmente, le facies spiccatamente conglomeratiche o arenaceo-pelitiche, attribuibili alla Formazione di Monte Pianosa (Verrucano Brianzonese Auct.) di età permiana da quelle arenaceo-conglomeratiche delle quarziti triassiche delle Quarziti di Ponte di Nava. Infatti, anche se in generale, si ha la sottoposizione dei conglomerati verrucani rispetto alle quarziti, è frequente una certa eteropia fra le due facies, complicata anche da episodi conglomeratici intercalati all'interno della facies arenacea.

Le Quarziti di Ponte di Nava, che affiorano nelle vicinanze del contatto con le dolomie si presentano relativamente omogenee, sebbene localmente si possono avere degli arricchimenti in clorite, miche bianche o sericite tali da portare a facies eminentemente quarzo-scistiche.

Sotto il profilo geomeccanico le rocce del complesso quarzitico presentano, ad eccezione della facies cataclasitica, un'elevata tenacità e buona compattezza nonostante il grado di fratturazione che localmente può diventare anche assai ingente.

Altra caratteristica comune alle rocce del complesso quarzitico è la loro elevata alterabilità per detrizione termoclastica spesso associata alla formazione di notevoli spessori di coltri detritico-colluviali.

Sono state individuate 4 famiglie principali di discontinuità così descritte:

Famiglia di discontinuità 1 (187/81): sistema subverticale, immergente a sud, costituito essenzialmente da giunti, talora faglie. Presenta superfici da piane-ondulate a scabre, con deboli aperture (<1 mm), asciutte, con assenza di riempimento. Le discontinuità maggiori hanno una lunghezza intorno ai 3 m con una spaziatura di 20 cm.

Famiglia di discontinuità 2 (114/74): sistema diretto prevalentemente nord sud, inclinato di 77° verso est. A tale sistema si associano delle faglie caratterizzate da evidenti specchi con crescita di fibre (calcite) indicanti un movimento diretto. Tali faglie evidenziano superfici scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempi- mento costituito da materiale limoso-sabbioso. Presentano lunghezza superiore a 20 m con una spaziatura compresa tra i 4 ÷ 6 m.

Famiglia di discontinuità 3 (18/35): sistema corrispondente alla stratificazione, definita dall'alternanza di livelli a composizione granulometrica differente. E' costituito da superfici, generalmente immergenti verso nord nord-est, con inclinazioni comprese tra 20° ÷ 40°. La famiglia di di-

scontinuità 3 presenta una buona continuità, ma con superfici molto scabre e generalmente chiuse, con una spaziatura variabile compresa tra pochi centimetri e alcuni decimetri.

Famiglia di discontinuità 4 (136/42): sistema costituito in prevalenza da giunti talora passanti a faglie dirette. Le superfici si presentano scabre, talora umide, con apertura variabile nell'ordine del centimetro e riempimento costituito da materiale brecciato. Presentano lunghezza inferiore a 10 m con una spaziatura di 25 cm.

Di seguito si riporta uno schema riassuntivo delle caratteristiche delle famiglie rilevate

Famiglie	Orientazione	Persistenza (Continuità)	Apertura	Rugosità (Scabrezza)	Alterazione delle pareti	Riempimento	Spaziatura
1	187/81	da 1 a 3 m	1 ÷ 3 mm	Scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
2	114/74	> 20 m	1 ÷ 5 mm	Molto scabri	Alterate	Sabbioso	200 ÷ 600 cm
3	18/35	da 10 a 20 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm
4	136/42	da 3 a 10 m	0,1 ÷ 1 mm	Molto scabri	Non alterate	Assente	6 ÷ 20 cm

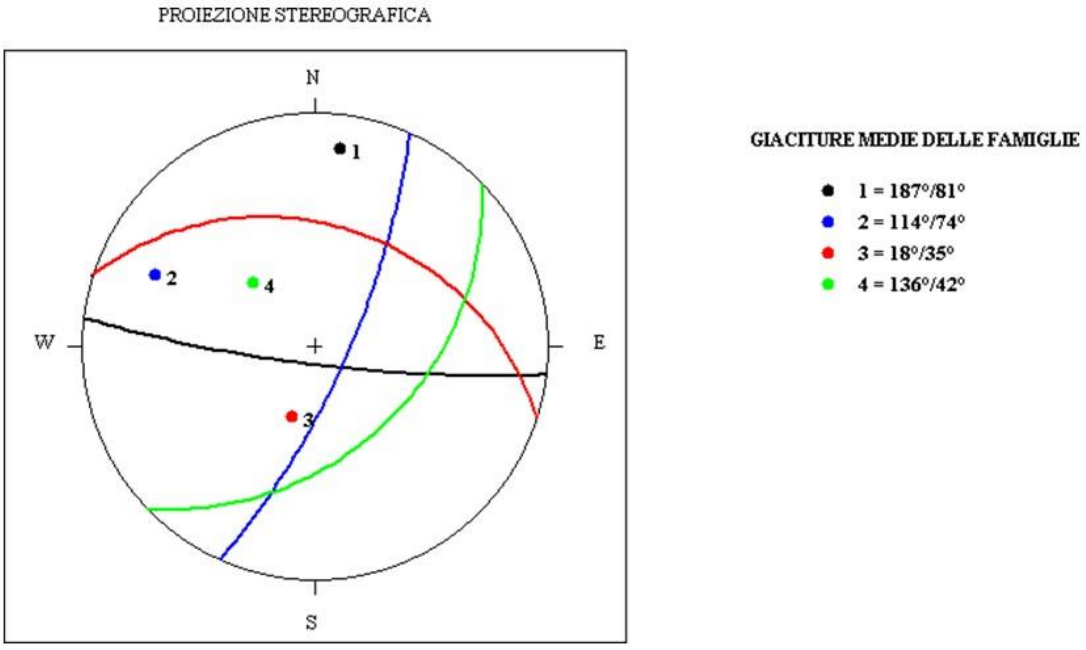


Fig.5: Proiezione stereografica delle giaciture medie delle quarziti

5.1.3 Terre rosse

Le cosiddette "Terre rosse", derivano dal processo d'alterazione delle dolomie e sono costituite da suoli rossastri di potenza variabile essenzialmente costituiti da argille residuali più o meno siltose, sabbiose o clastiche, prodotte per dissoluzione chimica per decalcificazione dei carbonati.

Costituiscono il suolo della porzione calcareo-dolomitica occidentale della cava e presentano spessori variabili nell'ordine di 3 ÷ 5 m. Il deposito è databile a partire dal Villafranchiano "caldo" ed è costituito dai residui insolubili (per lo più argillosi) derivanti dall'opera di dissoluzione chimica dei calcari da parte delle acque piovane.

5.2 Caratterizzazione ammasso roccioso.

Le caratteristiche dell'ammasso roccioso in corrispondenza dei fronti di coltivazione sono state valutate tramite la classificazione tecnica di Bieniawski, che tiene conto di cinque parametri fondamentali:

- resistenza della roccia intatta;
- Indice R.Q.D, valutabile tramite la seguente relazione (di BARISONE et al., 1980):
- RQD = 100 - 4.5Jv (dove Jv rappresenta il numero di discontinuità per unità di volume);
- spaziatura delle discontinuità;
- stato delle discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, riempimento, persistenza);
- presenza di acqua.

A ciascun parametro, valutato in modo quantitativo, è stato assegnato un coefficiente numerico in base alla tabella tratte da Z.T. BIENIAWSKI (1989). Inoltre si è fatto riferimento al numero di sistemi cinematicamente sfavorevoli (in rapporto all'orientazione dei fronti) apportando delle modifiche alla parametrizzazione originale secondo quanto proposto nello schema di Z.T. BIENIAWSKI (1989) che introduce un coefficiente (indice 6).

Sulla base della valutazione numerica dei parametri sopra evidenziati è possibile pervenire alla classificazione dell'ammasso roccioso (secondo Bieniawski) .

Dalla somma dei coefficienti numerici dei primi cinque parametri si ottiene:

$$R.M.R._{base} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Il sesto parametro, R6 stabilisce una correzione dell' RMRbase in funzione dell'orientamento delle discontinuità, rispetto alla direzione in cui si sviluppa l'opera progettata. Sommando il coefficiente numerico (negativo) di R6 al valore numerico dell'RMRbase si ottiene il valore numerico:

$$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6$$

La somma algebrica dei coefficienti numerici dei sei parametri può variare in un intervallo di valori compresi tra 0 e 100 suddiviso in cinque parti uguali a cui corrispondono cinque classi dell'ammasso roccioso.

Indice	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe n°	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	200 - 100	< 100
Kg/cm²	> 3.0	2.0 - 3.0	1.5 - 2.0	1.0 - 1.5	< 1.0
Angolo di attrito	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

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

- coesione di picco c_p (kPA) = 5 RMR_{base}
- angolo di attrito di picco φ_p = 0,5 RMR_{base} + 5
- modulo di deformazione E (GPa) = 2 RMR_{base} – 100

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

- RMR_b = RMR_b(originario) – [0,2 □ RMR_b(originario)] (Priest, 1983)

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

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

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

- GSI = RMR – 5

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte (A_5 = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23

La resistenza a compressione uniassiale delle pareti della discontinuità (Joint Compressive Strength, JCS) è un parametro di fondamentale importanza per la stima del- la resistenza al taglio della discontinuità.

Per ogni serie di 10 misure effettuate con lo sclerometro su un piano di discontinuità sono stati scartati i 5 valori più bassi del rimbalzo. I restanti valori sono stati cumulati e quindi riportati i parametri statistici di base delle distribuzioni

Il valore di JCS, non disponendo di risultanze di prove di laboratorio, è stata derivata, secondo quanto indicato nel seguito, dai risultati delle prove sclerometriche eseguite con martello di Schmidt di tipo L sulle pareti delle discontinuità.

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per entrambe le litologie:

Dolomie

Valore di R = 24

Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta = 39.9 Mpa

Quarziti

Valore di R = 39

Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta = 51.5 Mpa

5.2.1 Dolomie si Monte Rossotta

Determinazione dei parametri di ingresso

PARAMETRO		Valori di stima
R1	Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta	4,6
R2	R.Q.D	12,5
R3	Spaziatura	9,8
R4	Stato discontinuità	14
R5	Presenza di acqua	10
R6	Sistemi sfavorevoli	---

Dai risultati ottenuti è possibile ricavare in prima analisi:

$R.M.R._{base}$ = $R_1+R_2+R_3+R_4+R_5$ = 50,9

Il parametro $RMR_{corretto}$ consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come segue:

Litotipo: **Dolomie Monte Rossotta**
Località: **Millesimo (Savona)**
Classe: **III**
Qualità: **AMMASSO ROCCIOSO MEDIOCRE**

Determinazione parametri di uscita

Dalle relazioni proposte da BIENIAWSKI viste nel **paragrafo 4.2** le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in esame possono essere quindi così sintetizzate:

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
1,8	50,9	254,5	30,5	203,6	25,4

Tali valori, da ritenere cautelativi, sono in accordo, sia con quanto riconosciuto in sito in situazioni strutturali analoghe a quella in esame.

5.2.2 Quarziti di Ponte di Nava

Determinazione dei parametri di ingresso

PARAMETRO		Valori di stima
R1	Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta	5,6
R2	R.Q.D	10,4
R3	Spaziatura	12,3
R4	Stato discontinuità	18
R5	Presenza di acqua	10
R6	Sistemi sfavorevoli	---

Dai risultati ottenuti è possibile ricavare in prima analisi:

$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 =$ 56,2

Il parametro $RMR_{corretto}$ consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come segue:

Litotipo: Quarziti Ponte di Nava
Località: **Millesimo (Savona)**
Classe: **III**
Qualità: **AMMASSO ROCCIOSO MEDIOCRE**

Determinazione parametri di uscita

Dalle relazioni proposte da BIENIAWSKI viste nel **paragrafo 4.2** le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso in esame possono essere quindi così sintetizzate:

Modulo di deformazione (GPa)	Geological Strenght Index (GSI)	Coesione di picco (kPa)	Angolo di attrito di picco (°)	Coesione residua (kPa)	Angolo di attrito residuo (°)
12,4	56,2	281,0	33,1	224,8	27,5

6 INQUADRAMENTI SISMICO

In base alla Delibera della Giunta Regionale Ligure n°216 del 17/03/2017 (O.P.C.M. 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria), pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Liguria il 19/04/2017, il **Comune di Millesimo è stato classificato in zona 4**.

Con il D.M. 17/01/2088 l'azione sismica di riferimento viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione sarà determinata, pertanto, partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione.

6.1 Definizione della categoria sismica del sottosuolo.

Le informazioni sulla stratigrafia del sottosuolo corredate dalle risultanze dei rilevamenti in situ hanno permesso di definire il seguente andamento sismo stratigrafico interpretativo:

A – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m*

6.2 Azione sismica di progetto.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Sono descritte dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("*periodo di riferimento*" $V_{R,}$ espresso in anni), nel sito di interesse si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata *"probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento* P_{VR}".

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa *"ag"* in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria "A"), con superficie topografica orizzontale (categoria "T1").
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento $V_{R.}$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag: *accelerazione orizzontale massima al sito.*
- F_0: *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*.
- T*C: *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontal*e.

La stima della pericolosità sismica è basata su una griglia di 10751 nodi ove viene fornita la terna di valori ag, F_0 e T*C per nove distinti periodi.

6.3 Definizione dei parametri di partenza.

Vita Nominale

La *vita nominale di un'opera strutturale* V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata.

Evidenziata in giallo la vita nominale a cui si fa riferimento:

TIPI DI COSTRUZIONE	**Vita Nominale V_N (in anni)**
1. Opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase esecutiva[1].	≤ 10
2. Opere ordinarie, ponti opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.	≥ 50
3. Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.	≥ 100

Classe d'uso dell'opera

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in 4 Classi d'uso (corrispondenti alle Classi di importanza dell'Eurocodice 8).

Evidenziata in giallo la classe d'uso a cui si fa riferimento:

[1] **Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.**

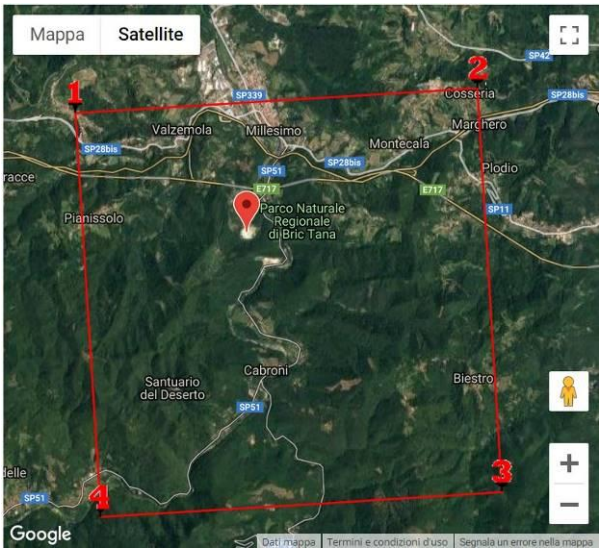
CLASSE I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
CLASSE II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industri con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento), gli uffici, i negozi.
CLASSE III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industri con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per conseguenze di un loro eventuale collasso.
CLASSE IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Coefficiente d'uso

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Qualora la vita nominale e/o la classe d'uso dovessero essere differenti da quelle sopra indicate, sarà responsabilità del progettista provvedere a ricalcolare i nuovi coefficienti alla luce delle variazioni effettuate.

Coordinate geografiche del sito di intervento

Millesimo, Provincia di Savona	
	**Latitudine** (gradi decimali)
	44,3449962° wgs84 44,350933° ed50
	Longitudine (gradi decimali)
	8,203155°wgs84 8,204216° ed50

Categoria topografica

Evidenziata in giallo la categoria topografica a cui si fa riferimento:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i < 15°[2].
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i ≤ 30°.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i >30°.

[2] **Da considerare solo H > 30 m**

6.4 Calcolo dei parametri sismici.

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e s...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.607	0.157
Danno (SLD)	50	0.026	2.549	0.195
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.059	2.613	0.304
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.076	2.646	0.325
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: A

Cat. Topografica: T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
CC Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
ST Amplificazione topografica	1,40	1,40	1,40	1,40

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.007	0.017	0.021
kv	0.003	0.004	0.008	0.011
Amax [m/s²]	0.267	0.354	0.816	1.044
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

7 *INDICAZIONI E PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVI ALL'ABBANCAMENTO IN MATERIALI SCIOLTI FUNZIONALI ALLA RIQUALIFICAZIONE MORFOLOGICA DELLA CAVA.*

Gli interventi progettuali di riqualificazione della cava prevedono la realizzazione di un rilevato in materiale sciolto.

Di seguito sono illustrate le indicazioni/prescrizioni da adottare in fase esecutiva per la realizzazione di detto rilevato.

Alla base del rilevato e lungo i fronti delle pareti in elevazione al contatto con i materiali di riempimento oggetto di escavazione sarà posto uno strato di materiale arido di cava con funzionalità di dreno di spessore non inferiore ai 100 cm. Tale strato dovrà essere realizzato con materiali dei gruppi A1 e A2-4 (Classificazione dei terreni HRB-AASHTO –CNR UNI 10006).

Nella formazione del corpo del rilevato potranno essere utilizzate, in ordine di priorità, le terre dei gruppi A2-4, A2-5, A1, A3, con indice di gruppo 0. Il materiale dovrà essere tutto passante al setaccio 125 mm e il trattenuto al setaccio 63 mm non deve essere maggiore del 35%.

Non sono da considerarsi idonei materiali/terre con quantitativi in massa maggiori del 2% di sostanze organiche e vegetali ed elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

La stesa dei materiali dovrà essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, non superiore ad 1 m, con modalità e attrezzature atte a evitarne la segregazione e variazioni nella granulometria e nel contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale dovrà essere depositato subito a monte del luogo di impiego, predisposto per la successiva stesa. I materiali costituenti strati immediatamente sovrapposti dovranno avere assortimenti granulometrici il più possibile simili.

La compattazione avverrà con modalità tali da consentire di raggiungere una densità relativa pari al 90% di quella massima ottenibile.

Le scarpate non avranno pendenze **superiore ai 30°-35°** *(ad eccezione della sezione dove è prevista la posa in opera di una scogliera al piede della scarpata)* ed saranno protette dall'azione diretta degli agenti atmosferici mediante inerbimento e piantagioni e/o con l'apporto di un opportuno strato di terreno vegetale.

Il rispetto delle prescrizioni riportate in precedenza è propedeutico al raggiungimento delle condizioni di addensamento, del valore della coesione drenata e della resistenza al taglio efficace previste nella parametrizzazione geotecnica dei materiali costituenti il riempimento previsto a progetto.

8 DESCRIZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI IL RIEMPIMENTO A PROGETTO.

In coerenza con quanto riportato nella D.G.R. 672 del 26/07/2019 i materiali utilizzati per il riempimento della cava potranno essere costituiti esclusivamente da:

- **rifiuti da estrazione:** di cui all'art. 3, comma 1, lettera d) del D.Lgs 30/05/2008 n. 117 *(rifiuti di estrazione: rifiuti derivanti dalle attività di prospezione o di ricerca, di estrazione, di trattamento e di ammasso di risorse minerali e dallo sfruttamento delle cave)*;
- **terre e rocce da scavo:** classificate come sottoprodotti ai sensi dell'art. 184-bis del D.Lgs 152/2006 e s.m. e i. secondo i criteri e le procedure definiti dal DPR 120/2017;
- **materie end of waste:** derivanti dalle attività di recupero rifiuti conformi alle caratteristiche indicate dal D.M. 5 Febbraio 1998, con particolare riferimento al paragrafo 7.1 e al paragrafo 12.3.
- **rifiuti inerti:** sottoposti ad attività di recupero R10 autorizzate in forma semplificata ex art. 214,215 e 216 o in forma ordinaria ex art. 208 del D.Lgs 152/2006.
- **materie prime:** inerti derivanti direttamente dall'attività di cava (blocchi, massi, ghiaia, sabbia ecc.). essenzialmente come massi da scogliera in corrispondenza delle opere di sostegno.

I suddetti materiali dovranno essere compatibili con le caratteristiche chimico fisiche, idrogeologiche e geomorfologiche delle aree oggetto di riempimento, non costituire fonte di contaminazione diretta o indiretta per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale e rispettare le condizioni di seguito riportate:

- ✓ ***Rifiuti di estrazione**: siano approvati i relativi Piani di Gestione dei Rifiuti di estrazione di cui all'art. 5 del D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 117;*

- ✓ ***Terre e rocce da scavo**:*
  - *il contenuto dei contaminanti sia conforme alle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) di cui alla colonna A della tabella 1, Allegato 5, al Titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, ovvero, conforme alle CSC di cui alla colonna B della medesima tabella, nel caso in cui la previsione dello strumento urbanistico, che identifica la destinazione d'uso del sito alla conclusione della coltivazione della cava, sia di tipo commerciale o industriale, o ai valori di fondo naturali;*
  - *nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, sugli stessi siano rispettate le CSC delle acque sotterranee di cui alla tabella 2, allegato 5, al titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 o i valori di fondo naturali, tramite apposito test di cessione effettuato secondo le metodiche di cui al D.M. 5 febbraio 1998;*

- ✓ ***Rifiuti inerti**: sottoposti ad attività di recupero R10:*
  - *il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al D.M. 5 febbraio 1998;*
  - *il contenuto dei contaminanti sia conforme a quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, in funzione della specifica destinazione d'uso;*
  - *siano rispettate le CSC delle acque sotterranee di cui alla tabella 2, allegato 5, al titolo 5, della parte IV del D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 o i valori di fondo naturali, tramite apposito test di cessione effettuato secondo le metodiche di cui al D.M. 5 febbraio 1998;*

- ✓ ***Materie end of waste** derivanti da attività di recupero rifiuti conformi alle caratteristiche indicate dal D.M. 5 febbraio 1998, con particolare riferimento al paragrafo 7.1 e al paragrafo 12.3; ai fini dell'individuazione delle caratteristiche delle materie o rifiuti destinate alle operazioni di ripristino ambientale è di riferimento la Circolare del Ministero dell'Ambiente 15 luglio 2005 n. UL/2005/5205.*

Come previsto dalla normativa sarà anche dato corso ai seguenti altri adempimenti:

- sia tenuto in cava apposito **registro** in cui annotare le tipologie di materiale abbancato, la provenienza ed i relativi quantitativi, fermo restando l'obbligo di tenere i registri di carico e scarico di cui all'art. 190 del D.Lgs. 152/2006 e s.m. e i. nei casi ivi previsti;
- sia trasmessa alla Regione e alla Città Metropolitana/Provincia, entro il 31 marzo di ogni anno, una **relazione** contenente i dati consuntivi dell'anno precedente del suddetto registro, comprensiva di una dichiarazione dalla quale sia possibile desumere il rispetto delle condizioni di cui ai punti precedenti."

9 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica delle varie unità litotecniche naturali, riscontrate nell'area di cava, è stata desunta dalla precedente relazione geologica a firma del Dott. Geol. Rolfo, integrata dai rilievi eseguiti dallo scrivente nel 2019 e dalla bibliografia.

Per quanto riguarda invece i ***materiali di Riporto in progetto*** e le "**Terre rosse**" sono stati caratterizzati utilizzando valori da bibliografia.

Riporti a progetto

Parametri spaziali minimi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	20 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco):	33°
c' (coesione drenata):	5 kN/m² (cautelativa)

Terre rosse

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	18.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco):	30°
c' (coesione drenata):	5 kN/m²

Dolomie M.te Rossotta

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	26.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio residuo):	25,2°
c' (coesione drenata):	203,6 kN/m²
Modulo di deformazione	1,8 Gpa

Quarziti Ponte di Nava

Parametri spaziali medi:

γ_n (peso dell'unità di volume):	27.0 kN/m³
φ_p (angolo di resistenza al taglio residuo):	27,5°
c' (coesione drenata):	224,8 kN/m²
Modulo di deformazione	12,4 Gpa

10 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

I controlli di qualità nel corso dell'esecuzione dei lavori dovranno prevedere misure di densità e di portanza finalizzate alla verifica del grado di compattazione ed addensamento del rilevato.

I requisiti minimi dovranno essere:

Piano di posa del rilevato (rif. paragrafo 5.3 UNI 11531-1)

Modulo di deformazione Md, determinato, al primo ciclo di carico (0.05 e 0.15 MPa) deve risultare non minore di:

- **15 MPa** (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti). Valore di riferimento quando, come nel caso in questione, la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2.00 m

Corpo del rilevato. (rif. Prospetto 5b par. 5.3 UNI 11531-1).

Modulo di deformazione Md, determinato al primo ciclo di carico (0.05 e 0.15 MPa) deve risultare non minore di:

- **40 MPa**

La prova di portanza con piastra è da considerarsi significativa solo se eseguita appena terminato il costipamento. Qualora sia eseguita successivamente, occorre valutare i risultati tenendo conto dell'influenza delle possibili variazioni di comportamento dipendenti dalle alterazioni dell'umidità e delle altre caratteristiche geotecniche.

Le prove di carico statico su piastra potranno essere sostituite da prove di carico dinamico su piastra. Una maggiore efficienza in fase di controllo sarà ottenuta eseguendo un campo prove attraverso la misura della portanza mediante misure deflettometriche di rigidezza, operando con mezzi ad elevato rendimento come il Light Weight Deflectometer LWD[3] (piastra dinamica).

Le soglie da raggiungere saranno determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in un campo prove con il modulo di deformazione **Md**.

[3] ASTM E2583/07 (2011) Standard Test Method for Measuring Deflections with a light Weight Deflectometer (LWD)

Le misure dinamiche risultano in generale assai più rapide delle misure di portanza statiche[4], pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della portanza sull'intera estensione del piano esaminato, sia in senso longitudinale che trasversale. (Par. 5.3 Controlli UNI 11531-1 2014).

Dovrà essere eseguite una campagna di prove su piastra (statica e dinamica) con cadenza minima ogni **due metri** di altezza del rilevato costituita da almeno:

- **n° 5 prove di carico su piastra statica**
- **n° 50 prove di carico su piastra dinamica**

Al fine di verificare a scala maggiore il comportamento meccanico del rilevato, a metà dell'opera di riempimento e al termine della sua realizzazione, dovranno essere eseguite **prove penetrometriche dinamiche pesanti** finalizzate all'ottenimento del valore dell'angolo di attrito del terreno costituente il rilevato. Si prevede la realizzazione di:

- **n° 5 prove penetrometriche dinamiche** spinte fino alla base dell'abbancamento (indicativamente a metà dell'altezza massima del rilevato).
- **n° 5 penetrometriche dinamiche** prove spinte fino alla base dell'abbancamento (indicativamente alla quota di ultimazione lavori).

Infine al fine di verificare l'omogeneità del costipamento e l'eventuale presenza di zone a minor indice di costipazione e/o di vuoti dovranno essere eseguiti stendimenti sismici, elaborati con tecnica tomografica, che si estendano per tutta la lunghezza/larghezza del rilevato. Si prevede la realizzazione di:

- **n° 3 stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica** (indicativamente a metà dell'altezza massima del rilevato).
- **n° 3 stese sismiche a rifrazione con interpretazione tomografica** (indicativamente alla quota di ultimazione lavori).

[4] CNR B.U. n. 146/92

11 CONCLUSIONI

È possibile affermare quanto segue:

- Dall'analisi dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici rilevati le opere in progetto risultano sostanzialmente fattibili sotto il profilo geologico-geotecnico, compatibili con la normativa vigente e non pregiudizievoli dell'assetto idrogeologico locale.
- I rilievi di campagna hanno verificato l'assenza di significative criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che possano interferire con la realizzazione delle opere previste.
- Stabilità complessiva del sito confermata anche dall'attuale stato dei luoghi che sono esenti da attestazioni o evidenze di fenomeni gravitati in atto e/o quiescenti. Si evidenzia che l'attuale conformazione del sito è stata ultimata 13 anni fa e che lo stato dei luoghi risulta sostanzialmente immutato.
- Le criticità relative alla regimazione delle acque superficiali sono state risolte con la progettazione di una idonea rete di captazione dimensionata dal punto di vista idraulico per i cui dettagli si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

Savona li 15/02/2021

Dott. Geol. Marcello Brancucci

