STUDIO di GEOLOGIA TECNICA dott. geol. GUIDO CARIERI

Via alla Rocca di Legino Via Via Alla Rocca di Legino, 5b 17100 - SAVONA - Tel. 019801866;019807203; fax 0198403931; e-mail: guido@carieri.com

P.I. 01211680093

COMMITTENTE: Cementifera Ligure S.a.s.

COMUNE: Montoggio

LOCALITA': Tre Fontane

OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA A CORREDO DELLA ISTANZA DI RINNOVO AUTORIZZAZIONE DELLA CAVA DI CALCARE TRE FONTANE

DATA: Luglio 2010

COLLABORATORI:

INDICE

NORMATIVA 3
PREMESSA: 3
INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5
Caratteri generali e geologia del territorio 5
Unità geologiche, litologiche e strutturali 5
Geomorfologia della zona. 7
RILIEVO GEOMECCANICO 9
Note sui metodi di classificazione utilizzati per la valutazione qualitativa del litotipo. 11
Sintesi delle classificazioni dell'ammasso roccioso 12
INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO 15
Categoria topografica 15
Individuazione della pericolisita' sismica del sito 16

NORMATIVA

- D.M. 14/01/2008-Testo Unitario Norme tecniche per le costruzioni
- Consiglio superiore dei lavori pubblici-"istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni" Circolare 2 febbraio 2009
- Consiglio superiore dei lavori pubblici-Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007
- Eurocodice 8 (1998)-Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture (parte 5): Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- Eurocodice 7.1- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.2- Progettazione geotecnica
- Eurocodice 7.3-Progettazione geotecnica
- L.R.L. n.4/1999-Vincolo idrogeologico
- Dlgs.n.152/2006, Dlgs n.4/2008, Decreto anticrisi, DGR n. 859/2008-Criteri per la gestione e l'utilizzo di terre e rocce da scavo

PREMESSA:

Il presente progetto concerne la richiesta di variante al programma di coltivazione in oggi autorizzato per lo sfruttamento estrattivo e la riqualificazione ambientale della cava di calcare denominata "TRE FONTANE" in Comune di Montoggio (GE), della Ditta CEMENTIFERA LIGURE S.a.s. di Cabella Emilio & C..

La cava di cui trattasi ha iniziato l'attività estrattiva alla fine del 1800 circa ed è stata tesa alla estrazione di calcari marnosi al fine di alimentare la attigua fornace per la produzione di calce (in oggi ancora presente ma non più in funzione da tempo).

In oggi la attività di cava avviene in maniera non continuativa sia per la produzione di materiali inerti ad usi edili industriali che come massi per la realizzazione di difese spondali fluviali e/o marine.

La cava è composta da una viabilità di servizio, che si diparte dalla Strada Provinciale n° 13 Creto-Montoggio, con la quale si raggiunge un ampio piazzale di servizio posto alla base del vecchio fronte di coltivazione; la parte superiore attuale del fronte è raggiungibile con una pista di arroccamento posta nella parte destra del piazzale (guardando la cava). Attualmente nell'ambito della cava non sono in attività impianti di trattamento del materiale.

La coltivazione della cava avviene con prevalente utilizzo di mezzi meccanici previa esecuzione di volate di mine al monte con le quali la roccia in posto viene disgregata, il materiale che a seguito della volata non disloca per gravità sul piazzale di servizio è ripreso con escavatori e/o pale meccaniche e quindi scaricato a valle sul medesimo piazzale; da qui viene ripreso, caricato su autocarri e trasportato ai luoghi di utilizzo o ad impianti di trattamento (esterni alla cava e non di proprietà della Cementifera Ligure) per essere frantumato, macinato, vagliato e classificato in diverse granulometrie commercialmente utilizzabili.

In seguito alla entrata in vigore della l.r. n° 12/1979, la cava è stata autorizzata alla prosecuzione dell'esercizio estrattivo con DGR n° 5710/1984.

In oggi le autorizzazione vigenti risultano essere:

- D.G.R. n° 343 del 1 marzo 2000, con la quale è stato rilasciato il rinnovo dell'autorizzazione regionale (validità autorizzazione 10 anni per l.r. N° 12 e vincolo idrogeologico – 5 anni per paesistica) con contestuale variante al programma di coltivazione.
- D.G.R. n° 595 del 7 giugno 2005, con la quale è stato rilasciata l'autorizzazione paesaggistica ai sensi del D.Lgvo. n° 42/2004 e s.m..
- Decreto dirigenziale n° 467 del 28 febbraio 2008, con la quale è stata rilasciata una variante al programma di coltivazione, comprensiva di autorizzazione per il vincolo idrogeologico (riferita all'intero complesso estrattivo) e di autorizzazione paesaggistica, per quanto concerne una diversa impostazione del progetto ed in particolare della pista di servizio realizzata e da realizzare per il raggiungimento delle porzioni superiori del fronte di abbattimento.
- Decreto dirigenziale n° 3826 del 29 dicembre 2009, con il quale è stata rinnovata l'autorizzazione per l'esercizio della attività estrattiva ai sensi della l.r. n° 21/2001, della l.r. n° 4/1999 e del D.lgs n° 42/2004 come modificato con D.lgs. n° 63/2008.

La presente relazione è tesa ad illustrare la situazione attuale della cava rispetto al progetto a suo tempo autorizzato, nonché il programma dettagliato dei lavori di coltivazione, riqualificazione ambientale e degli investimenti finanziari necessari per la variante al programma di coltivazione prevista nel nuovo progetto proposto per la attività estrattiva della cava di cui trattasi.

La presente relazione geomineraria, a corredo del progetto di cui sopra, viene redatta ai sensi della vigente normativa (Testo Unico per le costruzioni - D.M. 14/01/2008) valutando le caratteristiche geologico strutturali del tratto di versante significativamente riconducibile alle aree di cava e le interferenze opere/terreno pregiudizievoli per l'equilibrio idrogeologico di versante.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Caratteri generali e geologia del territorio

Il complesso estrattivo è situato all'interno della Formazione dei Calcari del M. Antola, i cui terreni sono assegnati all'intervallo Cretaceo superiore – Paleocene, periodo in cui la variazione del regime dinamico dovuto al movimento di "chiusura" dell'Oceano ligure piemontese ha determinato la deposizione di sedimenti marini per correnti di torbida, mobilitate da sismi o frane sottomarine e sedimentate sul fondale oceanico, alle quali si alternavano le deposizioni di materiali fini.
Queste sequenze flyschioidi furono coinvolte in parte nell'orogenesi alpina ed in parte nella fase successiva dell'orogenesi appenninica assumendo pertanto polarità delle falde di ricoprimento con vergenze opposte. La Formazione dei Calcari dell'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 si presenti "rovesciata".

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 tre sistemi di frattura legati all'orogenesi appenninica ed all'apertura dell'attuale mar Ligure (Miocene e Pliocene, 2-20 milioni di anni fa), con mineralizzazioni calcitiche e quarzitiche. Si riconoscono fenomeni di tettonica selettiva sui diversi litotipi (più tenaci i calcari e le arenarie, soggetti a pieghe a più largo raggio ed a fratture; più tenere le marne e le argille, soggette a deformazioni plastiche e pieghe parassite) e fenomeni di erosione selettiva, più evidente sui litotipi più teneri, che determinano importanti effetti sulla formazione morfologica del rilievo e sulla circolazione delle acque sotterranee.
La Formazione dell'Antola sovrasta, sia tettonicamente che stratigraficamente, la Formazione delle Argilliti di Montoggio ("complesso di base") che risulta costituita da argille varicolori con patine superficiali di minerali metallici (soprattutto Fe e Mn) ed ha costituito il livello di scollamento della falda dell'Antola. Il contrasto tra la sovrastante formazione più rigida e fratturata e la sottostante, più tenera e plastica, determina tipiche forme del rilievo con evidenti salti di pendio e costituisce un altrettanto tipico dispositivo idrogeologico con presenza diffusa, al contatto, di emergenze d'acqua, sorgenti, impregnazioni e dissesto idrogeologico.

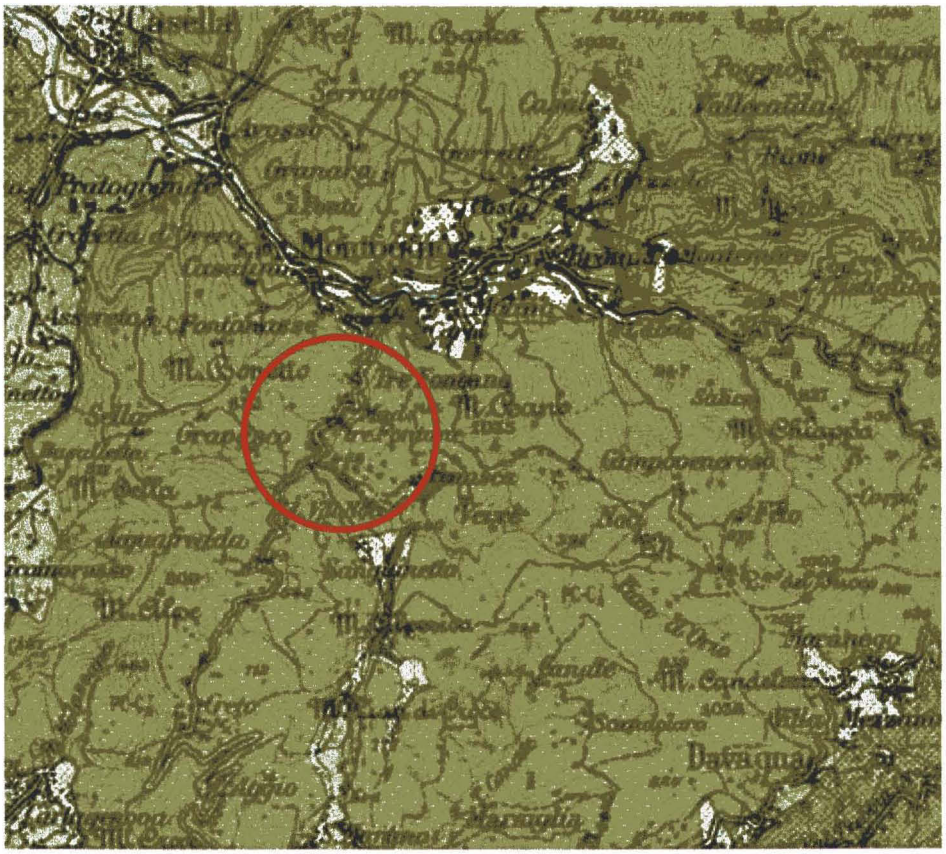
Localmente il litotipo è rappresentato da calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose in sequenze ritmiche ripetute. Lungo la stratificazione si identificano interstrati argillosi ad aspetto scistoso in corrispondenza dei quali si individuano venute d'acqua anche abbondanti.

La coltre di alterazione, costituita da detrito roccioso a grani angolosi immersi in matrice limosa, risulta essere assente o di spessore assai ridotto, in genere non superiore ad 1,5 metri nei punti di maggior potenza.

L'attività tettonica deformativa è ben evidenziata sul fronte di cava da una grande piega coricata il cui fianco diritto presenta la stessa giacitura della stratificazione.

L'attività di tettonica fragile è testimoniata dalla presenza di differenti sistemi di faglie intersecantisi ben visibili sui fronti di cava.

Per quel che riguarda l'idrogeologia, si rileva che l'ammasso roccioso presenta una modesta permeabilità per fratturazione; la circolazione d'acqua sotterranea è testimoniata dalla presenza di una sorgente in corrispondenza dell'attuale piazzale di cava.





CALCARI DI MONTE ANTOLA - Calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose, in sequenze ritmicamente ripetute, talora a base calcarenitica; argilloscisti e arenarie stratificate (Passo della Scoffera, Torriglia), marnoscisti e calcari marnosi di tipo ardesiaco (M. Croce dei Fol; presenza di fucoidi ed elmintoidi; microfacies a spicole di spugne, pitonelle (*P. ovalis* KAUF.), gümbeline [*G.* cfr. *globulosa* (EHRENB.)], globigerine e globotruncane [*G.* cfr. *contusa* (CUSH.), *G. lapparenti lapparenti* BOLLI, *G. lapparenti tricarinata* (QUEREAU)]; nel foglio Voghera, alla sommità 4°"Membro di Selvapiana" della "Formazione dell'Albirola" di ABBATE e SAGRI), microfauna a *Globorotalia compressa* (PLUMM.) e *G.* cfr. *angulata* (WHITE). *PALEOCENE - TURONIANO.*

Il compleso estrattivo è localmente rappresentato da sequenze di calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose, in sequenze ritmiche ripetute, talora a base calcarenitica, argilloscisti e arenarie stratificate polideformate da un'intensa attività deformativo - tettonica, ben evidenziata sul fronte di cava da una grande piega coricata.

La coltre di alterazione e/o il detrito di falda risulta essere assente o di spessore assai ridotto, in genere di potenza non superiore ad 1,5 m., costituita da detrito roccioso a grani angolosi immersi in matrice limosa.

Per quel che riguarda l'idrogeologia, si rileva che l'ammasso roccioso presenta una modesta permeabilità per fatturazione; la circolazione d'acqua sotterranea è testimoniata dalla presenza di una sorgente in corrispondenza dell'attuale piazzale di cava.

Geomorfologia della zona.

Il tratto di versante su cui insiste l'area di cava e che sarà interessato anche dall'ampliamento in progetto, è situata a sud ovest rispetto all'abitato del Comune di Montoggio, in orografica sinistra del Torrente Creto, all'interno di un piccolo meandro del corso d'acqua.

Attualmente l'area di cava si sviluppa da quota 500 m s.l.m. fino a circa quota 580 m s.l.m. lungo versante con esposizione S-SE, in assenza di insediamenti abitativi, fatta eccezione per gli edifici esistenti ubicati a margine della strada provinciale a valle dell'insediamento produttivo.

Il tratto di versante a monte del fronte di cava attualmente è contraddistinto da una copertura a bosco abbastanza fitto e non sono evidenti dissesti di natura idrogeologica ad esclusione di fenomeni d'erosione concentrata lungo il reticolo idrografico principale che caratterizza il rilievo.

Il piazzale di cava ha andamento suborizzontale ed è circondato dal fronte coltivato, che ha un'altezza variabile da pochi metri fino a circa 68 m. e pendenza elevata (β>50°).

Il fronte presenta forma ad anfiteatro ed immersione variabile:

1. settore ovest con immersione ENE
2. settore centrale con immersione N
3. settore est con immersione WNW

Il nuovo Piano di coltivazione proposto in variante al Piano autorizzato, prevede l'estensione delle aree di coltivazione verso monte e verso nord rispetto all'attuale.
In generale le coperture sciolte sono poco potenti, con pedogenesi immatura ed il substrato roccioso è ovunque subaffiorante.

TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI

Il progetto, curato dallo scrivente e dal dott. geol. Marco Rossi, prevede l'ampliamento dell'attuale fronte di cava lungo il tratto di versante a monte e la riprofilatura del versante tramite la realizzazione di n. 10 gradoni.
L'ampliamento del fronte raggiunge quota 640,0 m., mantenendo un'altezza media delle scarpate intermedie nell'ordine dei 15,0 m. e pedate di larghezza media pari ad 8,0 m.
A partire da quota 500,0 m.l.m.m. è prevista la realizzazione di uno scavo a fossa che riduce la quota attuale del piazzale esistente sino a quot 478,0 m.l.m.m.
Il progetto comprende l'adeguamento delle piste di servizio esistenti e l'apertura di nuove piste d'arroccamento con innesto diretto ai gradoni.
Le pendenze dei profili longitudinali delle piste d'arroccamento sono tutte ricomprese tra il 15 ed il 35% lungo i tratti più acclivi, al fine di consentire l'accesso ai mezzi per lo scavo ed il movimento terra.
Il progetto di coltivazione del polo estrattivo prevede l'intera rete di captazione e regimazione delle acque di deflusso superficiale sia lungo la pedata dei singoli gradoni, sia lungo le piste ed al fondo della fossa dove sarà realizzato un drenaggio delle acque d'infiltrazione alla base della colmata in terra e rocce da scavo che seguirà la fase di fine scavo attinente la profilatura del fronte di cava.
Il drenaggio delle acque sarà completato attraverso un bypass della cengia di roccia che divide il fondo scavo dal piano di lavoro a valle dell'attuale piazzale di cava ove insistono i volumi edilizi un tempo preposti alla lavorazione del materiale estratto.
Le acque dal fondo della fossa saranno convogliate all'esistente sistema di regimazione a servizio dell'impianto estrattivo e recapitate al rio Creto sotto passando la viabilità provinciale SP n. 13 a valle della cava.

RILIEVO GEOMECCANICO

Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso sono stati realizzati n° 7 aree di rilievo strutturale secondo gli standard ISRM (1981), denominati ARS da 1 a 7, posizionati nei punti indicati sulla carta geologico-struttrale.
L'esecuzione del rilievo geomeccanico di dettaglio comporta la stima di una serie di parametri la cui valutazione/misurazione consente:
- l'attribuzione di un indice di qualità dell'ammasso roccioso;
- la valutazione speditiva delle proprietà fisiche e meccaniche dell'ammasso roccioso:
- la verifica della possibilità cinematica di movimento in riferimento a fenomeni di instabilità coinvolgenti le singole porzioni di ammasso roccioso, isolate dalle famiglie di giunti di discontinuità identificate.

I parametri descritti/misurati alla scala dell'affioramento riguardano:
- caratteristiche dell'ammasso roccioso (litologia, grado di alterazione, resistenza delle pareti delle discontinuità);
- caratteristiche delle discontinuità (tipo, orientazione, rugosità, apertura);
- caratteristiche del riempimento (se presente);
- caratteristiche dell'ammasso roccioso (inteso come insieme materiale roccia/discontinuità);
- valutazione numero di famiglie di discontinuità e della loro spaziatura e persistenza;
- dimensioni e forma dei blocchi isolati dalle famiglie di discontinuità;
- circolazione idrica (se presente).

La presenza di discontinuità organizzate in famiglie principali e ricorrenti concorre a ridurre le caratteristiche di resistenza dell'ammasso roccioso ed è il fattore che condiziona più pesantemente il comportamento meccanico dello stesso (resistenza a rottura, taglio e deformabilità). Le caratteristiche geometriche e di conservazione delle superfici di discontinuità condizionano l'innesco dei diversi tipi di cinematismo lungo i fronti di scavo di progetto.

Pertanto nel corso delle attività di rilevamento in corrispondenza dei singoli ARS si sono acquisiti i profili di rugosità delle discontinuità mediante profilo grafo tipo "pettine di Barton", calcolando il valore del parametro JRC (Joint Roughness Coefficient) attraverso tabelle di confronto riportanti i profili di riferimento.

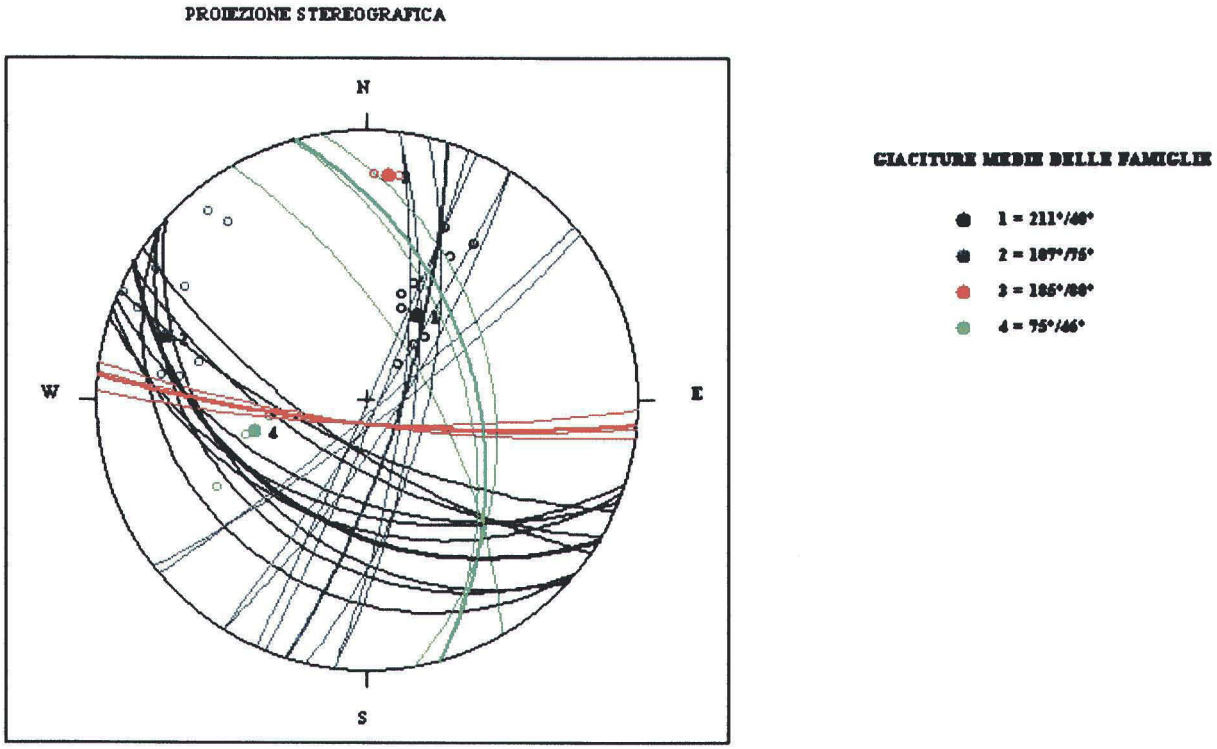
Il valore della resistenza a compressione monoassiale in corrispondenza delle superfici sane ed alterate dei giunti di discontinuità è stato rilevato mediante sclerometro da rocce (martello di Schmidt).

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

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

L'analisi statistica da plottaggio ha condotto ll'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.



ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 1

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	210	63
2	200	40
3	198	45
4	220	20
5	222	35

6	220	30
7	214	70
8	202	50
9	204	70

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 2

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	122	85
2	122	85
3	142	80
4	140	85
5	122	77
6	112	85
7	114	89
8	97	70
9	103	65
10	97	75

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 3

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	182	80
2	188	80
3	186	80

ANALISI GIACITURE FAMIGLIA 4

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	60	65
2	74	50
3	80	40

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 delle classificazioni dell'ammasso roccioso

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	36,50	4
RQD (%)	76	14
Spaziatura (m)	0,37	9
Condizioni dei giunti		22
Venute d'acqua	< 10 l/minuto	10

Risultati:

RMR di base	59
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	59

Classe ammasso roccioso	CLASSE III
qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 59

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo. Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 66

Qualità ammasso roccioso	BUONA
Classe ammasso roccioso	CLASSE II
Commento sulla stabilità	Stabile
Commento sul tipo di rottura	Qualche blocco
Commento sui consolidamenti	Occasionale

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

RMR di base: 59

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo. Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 31

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

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	76
Parametro Jn	15,00
Parametro Jr	3,00
Parametro Ja	4,00
Parametro Jw	1,00
Parametro SRF	2,77

Risultati:

RQD/Jn	5,067
Jr/Ja	0,750
Jw/SRF	0,3613
Q	1,373

Classe ammasso roccioso	CLASSE VI
Qualità ammasso roccioso	SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 56
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

Mi	mp	mr	si	sp	sr
12	1,0696	0,1493	1	0,0017	0,000009

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

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	fr
0,466 MPa	0,113 MPa	42,9°	27,7°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

cp	cr	fp	fr
0,280 MPa	0,224 MPa	33,0°	27,4°

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

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
5,55	2,91	12,75	9,76

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

INQUADRAMENTO SISMICO DEL SITO

L'area d'intervento ricadente nel territorio del Comune di Boissano è classificata in "classe sismica 3B (ag_{max}=0.10g)" in osservanza della D.G.R. n. 1308 del 24.10.2008 (ex Allegato O.P.C.M. n. 3519/2006).

Il progetto di realizzazione della colmata in terreni derivanti da attività di scavo rientra nella categoria d'opera 2 e classe d'uso II e vita nominale pari a 50 anni.

Il substrato di fondazione nel tratto di versante di monte risulta classificabile in cat. A (substrato roccioso affiorante o sub-superficiale; potenza delle coperture H<3 m.) e categoria topografica T4.

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 1,4 (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):

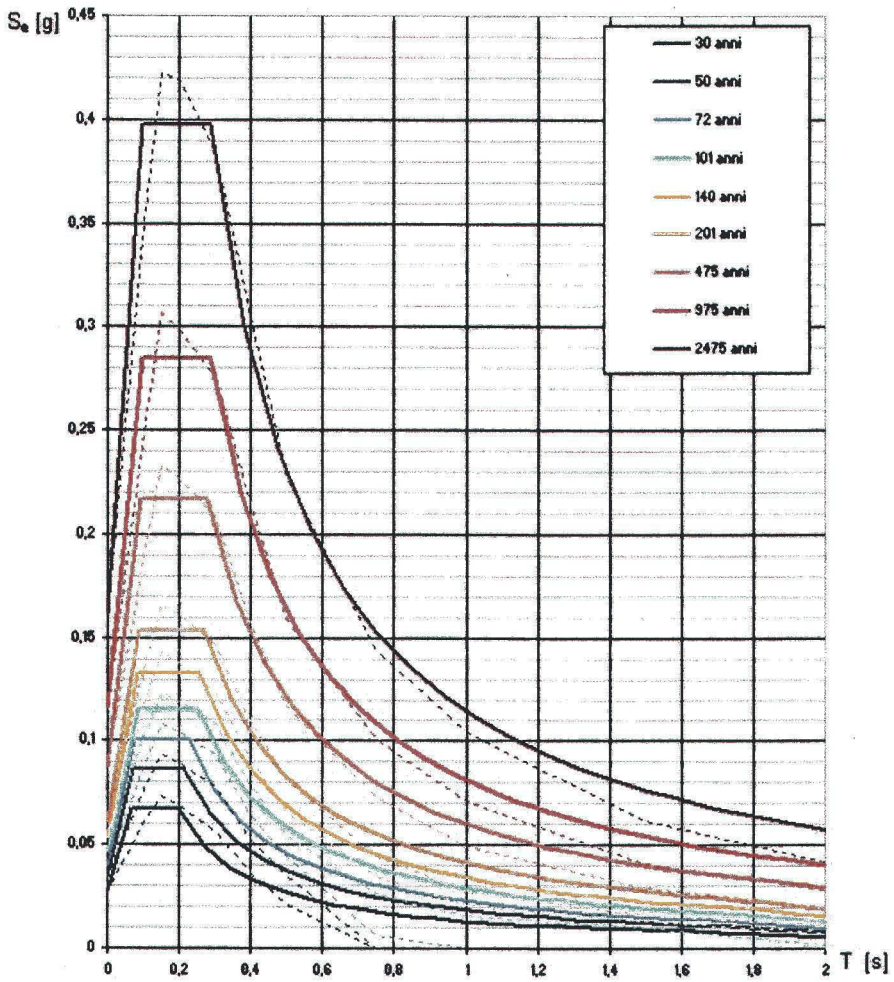
Kh_{medio}=0.0209

Kv_{medio}=0.0104

Individuazione della pericolisita' 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.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

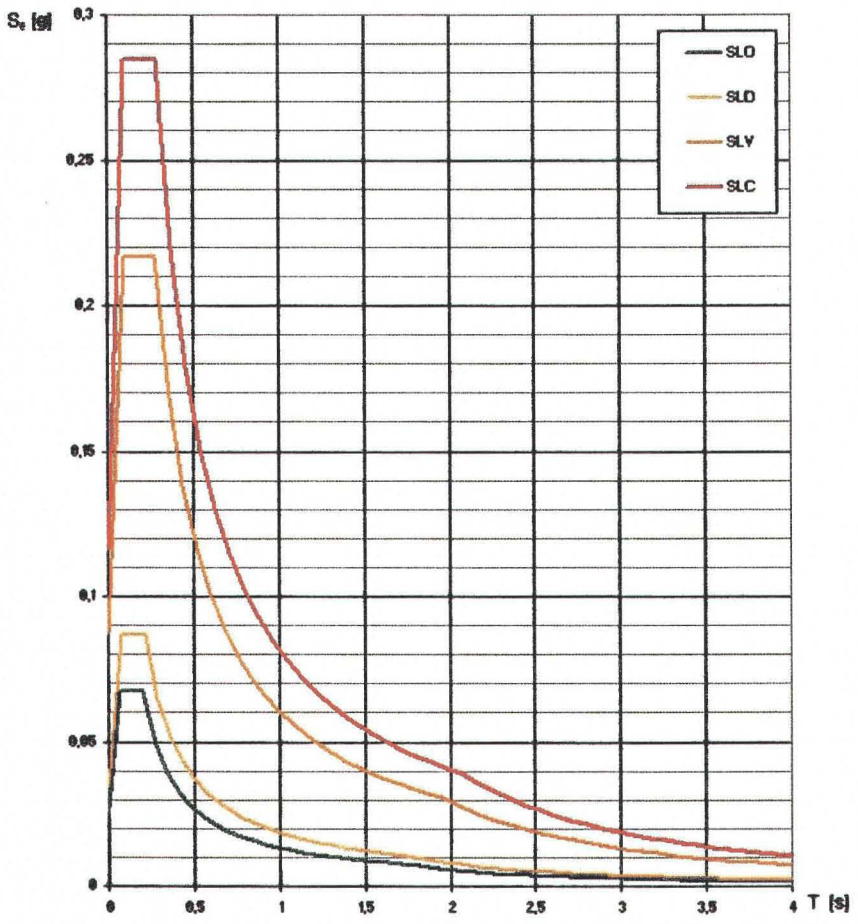


Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,027	2,478	0,199
50	0,034	2,531	0,214
72	0,039	2,545	0,229
101	0,046	2,490	0,254
140	0,053	2,512	0,258
201	0,061	2,527	0,269
475	0,087	2,479	0,279
975	0,116	2,458	0,286
2475	0,161	2,468	0,290

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o	T_C^* [s]
SLO	30	0,027	2,478	0,199
SLD	50	0,034	2,531	0,214
SLV	475	0,087	2,479	0,279
SLC	975	0,116	2,458	0,286

CONCLUSIONI

A conclusione dell'indagine si riassumono come nel seguito gli elementi salienti della presente::

La variante al piano di coltivazione e tutti gli interventi ad essa connessi non modificheranno negativamente l'attuale assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area oggetto d'intervento, ottimizzando lo sfruttamento del giacimento minerario e migliorando l'intervento di coltivazione della cava e la riqualificazione ambientale dei luoghi comunque compromessi.

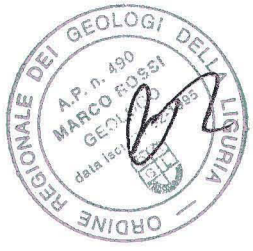
In particolare:

sarà mascherato visivamente tutto il fronte ad eccezione dei gradoni superiori che non è risultato possibile riqualificare mediante il mascheramento con riempimento.

Gli stessi saranno sottoposti, comunque, ad interventi di rinverdimento e piantumazione non appena saranno raggiunte le quote di progetto già nel corso della terza fase.

Savona 9 luglio 2010.





ALLEGATI AL TESTO

Classificazione dell'ammasso roccioso

Corografia sc. 1: 10.000

Tavola n. 2 – carta della zonizzazione qualità ammasso roccioso 1: 1.000

ALLEGATI FUORI TESTO

Tavola n. 1 – Carta geolitologico-strutturale in scala 1: 500

Tavola n. 3 – Sezioni geologico strutturali in scala 1: 1.000

CARATTERIZZAZIONE AMMASSO ROCCIOSO

LITOLOGIA DELL'UNITA' DI RILIEVO

Litotipo dominante: Calcare cristallino
Formazione: Antola
Peso di volume della roccia: 27,0 kN/mc

L'ammasso si presenta debolmente alterato.

Valutazione della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta

n.	Misura	c0 (MPa)
1	40	32
2	40	32
3	40	32
4	36	25
5	33	20
6	43	40
7	36	25
8	35	23
9	35	23
10	36	25
11	32	19
12	46	48
13	44	42
14	40	32
15	40	32
16	46	48
17	48	55
18	52	72
19	48	55
20	46	48

Risultati statistici

Media = 36,5 MPa
Deviazione Standard = 14,3 MPa
Coefficiente di Variazione (%) = 39,18
Skewness [S] = 0,658
Kurtosi [K] = 2,955

La valutazione della roccia in termini di resistenza alla compressione è: Scadente

Condizioni idrogeologiche

La zona di rilevamento, dal punto di vista idrogeologico, é caratterizzabile come: Ammasso roccioso umido o con velo sottile d'acqua (Q <10 l/minuto per 10 metri di fronte)

CONDIZIONI DELLE SINGOLE DISCONTINUITA'

Famiglia 1

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

Famiglia 2

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

Famiglia 3

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

Famiglia 4

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

ANALISI DELLA SPAZIATURA DELLA FAMIGLIA

Valori misurati

n.	
1	20
2	22
3	25

Risultati statistici

Media = 22,3 cm.
Deviazione Standard = 2,5 cm.
Coefficiente di Variazione (%) = 11,27
Skewness [S] = 0,057
Kurtosi [K] = 1,500

ANALISI DELLA SPAZIATURA DELLA FAMIGLIA 2

Valori misurati

n.	
1	50
2	25
3	33

Risultati statistici

Media = 36,0 cm.
Deviazione Standard = 12,8 cm.
Coefficiente di Variazione (%) = 35,46
Skewness [S] = 0,166
Kurtosi [K] = 1,500

ANALISI DELLA SPAZIATURA DELLA FAMIGLIA 3

Valori misurati

n.	
1	25
2	50
3	33

Risultati statistici

Media = 36,0 cm.
Deviazione Standard = 12,8 cm.
Coefficiente di Variazione (%) = 35,46
Skewness [S] = 0,166
Kurtosi [K] = 1,500

ANALISI DELLA SPAZIATURA DELLA FAMIGLIA 4

Valori misurati

n.	
1	99
2	50
3	10

Risultati statistici

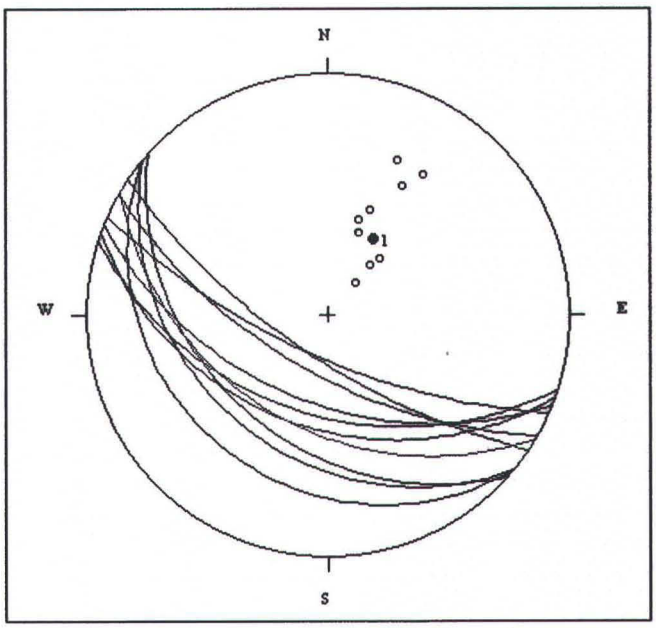
Media = 53,0 cm.
Deviazione Standard = 44,6 cm.
Coefficiente di Variazione (%) = 84,11
Skewness [S] = 0,015
Kurtosi [K] = 1,500

ANALISI DELLE GIACITURE DELLA FAMIGLIA 1

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	210	63
2	200	40
3	198	45
4	220	20
5	222	35
6	220	30
7	214	70
8	202	50
9	204	70

PROIEZIONE STEREOGRAFICA



Statistica di Fisher [PDF = EXP(K)COS(TETA)

Imm	Inc	R95	R99	K	l1	l2	l3
210,8°	40,2°	12,3°	16,1°	18,5	0,90832	0,08466	0,00701

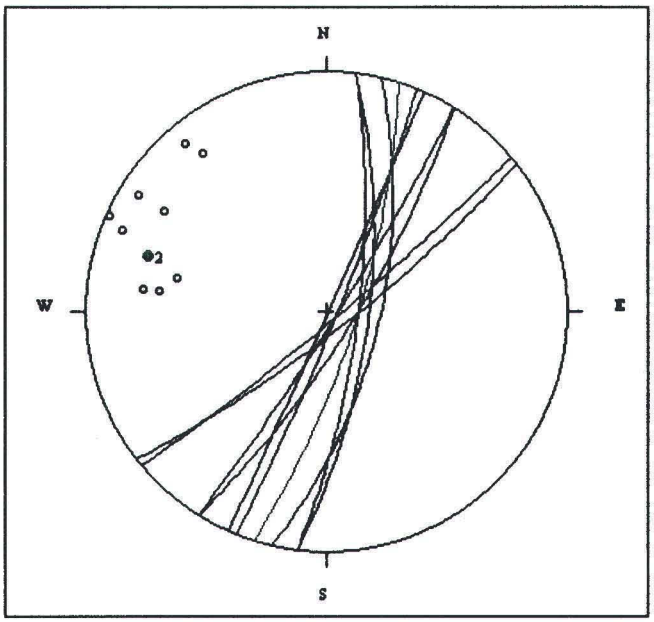
Imm = Immersione media della famiglia
Inc = Inclinazione media della famiglia
R95 = Raggio di confidenza al 95%
R99 = Raggio di confidenza al 99%
K = Fattore di concentrazione
l = Autovalori

ANALISI DELLE GIACITURE DELLA FAMIGLIA 2

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	122	85
2	122	85
3	142	80
4	140	85
5	122	77
6	112	85
7	114	89
8	97	70
9	103	65
10	97	75

PROIEZIONE STEREOGRAFICA



Statistica di Fisher [PDF = EXP(K)COS(TETA)

Imm	Inc	R95	R99	K	l1	l2	l3
107,5°	75,5°	9,5°	12,4°	26,9	0,93565	0,05548	0,00886

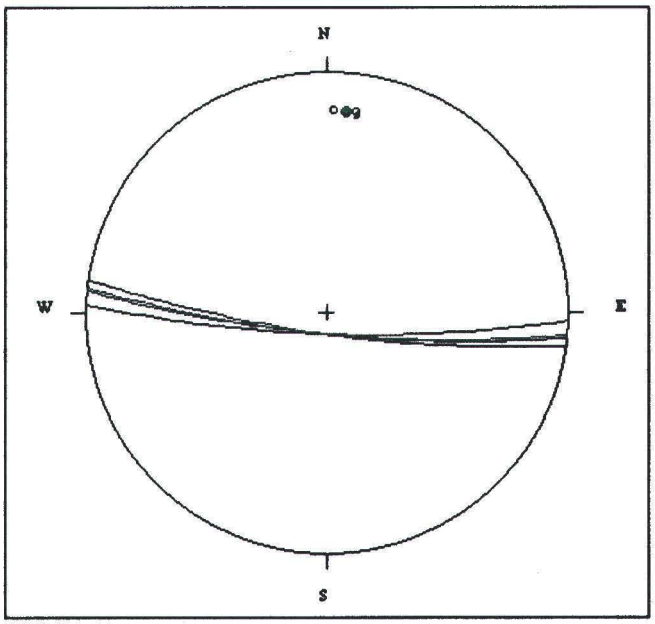
Imm = Immersione media della famiglia
Inc = Inclinazione media della famiglia
R95 = Raggio di confidenza al 95%
R99 = Raggio di confidenza al 99%
K = Fattore di concentrazione
l = Autovalori

ANALISI DELLE GIACITURE DELLA FAMIGLIA 3

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	182	80
2	188	80
3	186	80

PROIEZIONE STEREOGRAFICA



Statistica di Fisher [PDF = EXP(K)COS(TETA)

Imm	Inc	R95	R99	K	l1	l2	l3
185,3°	80,0°	4,6°	7,4°	726,3	0,99817	0,00183	0,00000

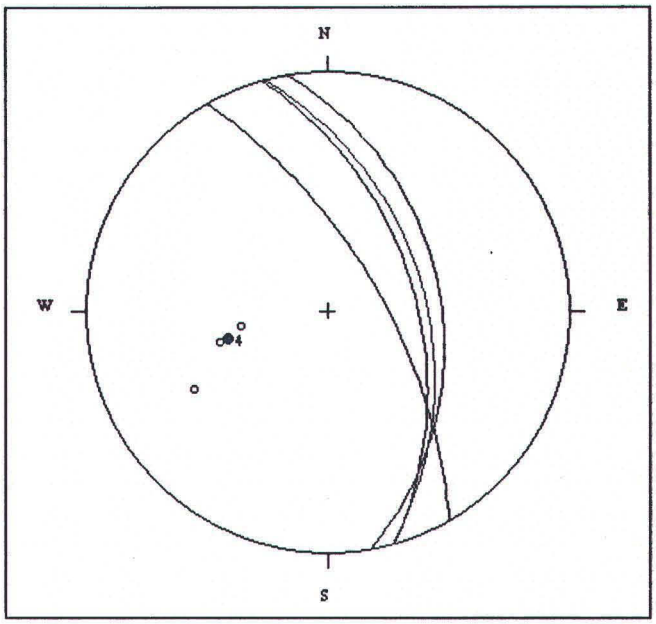
Imm = Immersione media della famiglia
Inc = Inclinazione media della famiglia
R95 = Raggio di confidenza al 95%
R99 = Raggio di confidenza al 99%
K = Fattore di concentrazione
l = Autovalori

ANALISI DELLE GIACITURE DELLA FAMIGLIA 4

Valori misurati

n.	Immersione	Inclinazione
1	60	65
2	74	50
3	80	40

PROIEZIONE STEREOGRAFICA



Statistica di Fisher [PDF = EXP(K)COS(TETA)

Imm	Inc	R95	R99	K	l1	l2	l3
74,6°	46,2°	19,0°	30,8°	43,1	0,96991	0,02968	0,00040

Imm = Immersione media della famiglia
Inc = Inclinazione media della famiglia
R95 = Raggio di confidenza al 95%
R99 = Raggio di confidenza al 99%
K = Fattore di concentrazione
l = Autovalori

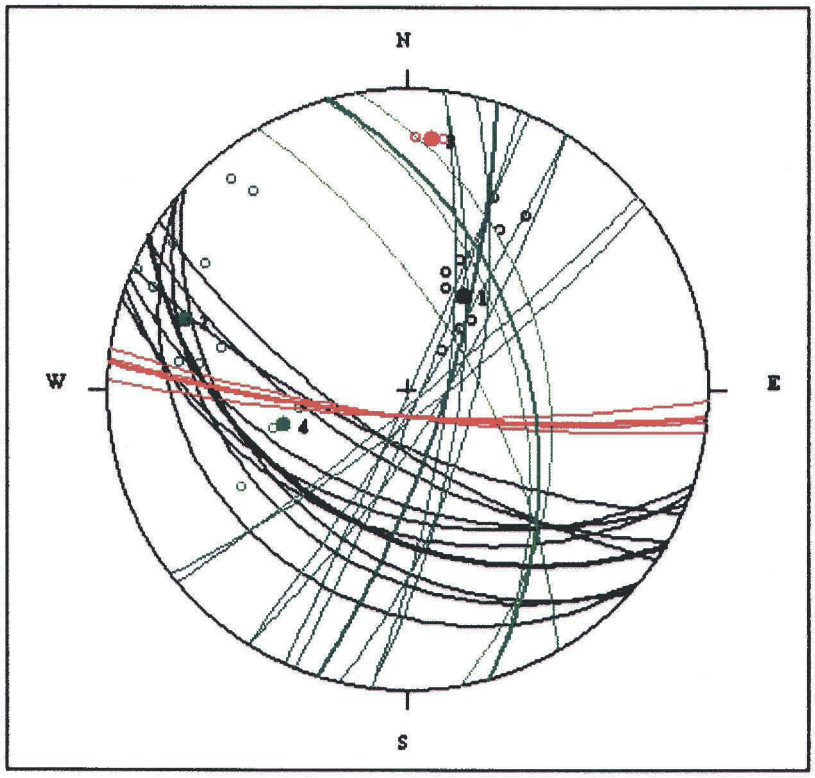
SOMMARIO PRINCIPALE DEL RILIEVO STRUTTURALE DI DETTAGLIO

Le famiglie presentano i seguenti valori medi:

Famiglia	Immersione (°)	Inclinazione (°)	Spaziatura (cm)
1	210,8	40,1	22,3
2	107,4	75,4	36
3	185,3	79,9	36
4	74,5	46,1	53

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

PROIEZIONE STEREOGRAFICA



GIACITURE MEDIE DELLE FAMIGLIE

1 = 211°/40°
2 = 107°/75°
3 = 185°/80°
4 = 75°/46°

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

Jv	RQD
11,92	76

Il volume del blocco unitario minimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0 mc
Il volume del blocco unitario medio è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0,021 mc
Il volume del blocco unitario massimo è stimato (da Palstrom, 1995 - 2000) in 0 mc

MODELLO GEOMECCANICO DEI GIUNTI

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

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

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

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

Nelle elaborazioni si è mantenuto un valore di tensione normalizzata pari a 100 kPa.
Il parametro JCS è calcolato dal valore della resistenza monoassiale corretto per lo stato di alterazione delle pareti del giunto secondo la relazione di Miller (1965).
I valori base sono quindi stati corretti, per tenere conto dell'effetto scala, secondo le relazioni di Barton e Bandis (1982).
L'angolo d'attrito di base è ricavato da un dato prefissato funzione della litologia della roccia (Barton, 1973)
L'angolo d'attrito residuo è ricavato dalla relazione di Barton e Chryssanthakis (1990).
L'angolo d'attrito di picco è valutato con le relazioni di Barton e Bandis (1990).
L'apertura idraulica equivalente della frattura viene valutata secondo la relazione di Bandis (1985).
La permeabilità della singola frattura è derivata dalla relazione di Barton e Bakhtar (1987)

FAMIGLIA 1

Parametro JCS di base	36,0 MPa
Parametro JCS corretto	36,9 MPa
Parametro JRC di base	8,0
Parametro JRC corretto	8,0
Angolo d'attrito di base	38,0°
Angolo d'attrito di picco	50,0°
Angolo d'attrito residuo	29,0°
Apertura idraulica equivalente	0,14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0,000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3,7 mm

FAMIGLIA 2

Parametro JCS di base	36,0 MPa
Parametro JCS corretto	37,1 MPa
Parametro JRC di base	10,0
Parametro JRC corretto	10,0
Angolo d'attrito di base	38,0°
Angolo d'attrito di picco	55,0°
Angolo d'attrito residuo	29,0°
Apertura idraulica equivalente	0,12 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0,000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3,9 mm

FAMIGLIA 3

Parametro JCS di base	36,0 MPa
Parametro JCS corretto	37,1 MPa
Parametro JRC di base	10,0
Parametro JRC corretto	10,0
Angolo d'attrito di base	38,0°
Angolo d'attrito di picco	55,0°
Angolo d'attrito residuo	29,0°
Apertura idraulica equivalente	0,12 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0,000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3,9 mm

FAMIGLIA 4

Parametro JCS di base	36,0 MPa
Parametro JCS corretto	36,9 MPa
Parametro JRC di base	8,0
Parametro JRC corretto	8,0
Angolo d'attrito di base	38,0°
Angolo d'attrito di picco	50,0°
Angolo d'attrito residuo	29,0°
Apertura idraulica equivalente	0,14 mm.
Permeabilità per la sigma normalizzata	0,000000000 cm/s
Spostamento per il superamento della resistenza di picco	3,7 mm

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DELL'AMMASSO

Teoria della percolazione

Dati dal rilievo strutturale

Famiglia	Continuità (m)	Spaziatura (cm)	Apertura (mm)	JRC
1	0,9	22,30	0,01	8
2	0,9	36,00	0,01	10
3	0,9	36,00	0,50	10
4	0,9	53,00	0,01	8

Valori di calcolo

Famiglia	Apertura idraulica equivalente (micron)	Apertura idraulica limite (micron)
1	0	74
2	0	109
3	8	109
4	0	74

Parametri indicativi dell'ammasso

Raggio medio (cm)	Apertura media (cm)	Spaziatura media (cm)	K (cm/sec)
57,3	0,0002	36,8250	0,0000000000

Dati del versante

Immersione (°)	Inclinazione (°)	Altezza del fronte (m)
111	56	60

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI [RMR], 1989

Parametro	Valore misurato	Coefficiente numerico
Co (MPa)	36,50	4
RQD (%)	76	14
Spaziatura (m)	0,37	9
Condizioni dei giunti		22
Venute d'acqua	< 10 l/minuto	10

Risultati:

RMR di base	59
Correzione giacitura [Ic]	N/A
RMR corretto	59
Classe ammasso roccioso	CLASSE III
qualità ammasso roccioso	MEDIOCRE

CLASSIFICAZIONE DI ROMANA (classificazione SMR, 1985)

RMR di base: 59

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo. Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi piani e di toppling: 66

Qualità ammasso roccioso	BUONA
Classe ammasso roccioso	CLASSE II
Commento sulla stabilità	Stabile
Commento sul tipo di rottura	Qualche blocco
Commento sui consolidamenti	Occasionale

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

RMR di base: 59

L'indice SMR viene calcolato per ciascun sistema di discontinuità presente nell'area del rilievo.
Il valore minimo calcolato viene considerato come rappresentativo della qualità dell'ammasso roccioso per la stazione di misura.

Indice SMR rappresentativo per i cinematismi a cuneo: 31

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

CLASSIFICAZIONE Q [Barton 1974]

Parametro RQD	76
Parametro Jn	15,00
Parametro Jr	3,00
Parametro Ja	4,00
Parametro Jw	1,00
Parametro SRF	2,77

Il valore di Jr si riferisce al valore assoluto inferiore calcolato per ogni famiglia di discontinuità in quanto, in accordo con Barton, si fa sempre riferimento alle condizioni dell'ammasso più sfavorevoli per la stabilità.
Il valore di Ja si riferisce al valore assoluto superiore calcolato per ogni famiglia di discontinuità in quanto, in accordo con Barton, si fa sempre riferimento alle condizioni dell'ammasso più sfavorevoli per la stabilità.
Il valore di SRF è stato calcolato secondo la procedura iterativa proposta da Kirsten (1988), funzione della resistenza della roccia intatta e dello stato tensionale al contorno.

Risultati:

RQD/Jn	5,067
Jr/Ja	0,750
Jw/SRF	0,3613
Q	1,373
Classe ammasso roccioso	CLASSE VI
Qualità ammasso roccioso	SCADENTE

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO

Geological Strength Index [GSI] di progetto: 56
Parametri di Resistenza al Taglio [Valori deterministici]

Criterio di rottura di Hoek-Brown

mi	mp	mr	si	sp	sr
12	1,0696	0,1493	1	0,0017	0,000009

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

Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

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

cp	cr	fp	fr
0,466 MPa	0,113 MPa	42,9°	27,7°

Parametri derivati dalle correlazioni di Bieniawski

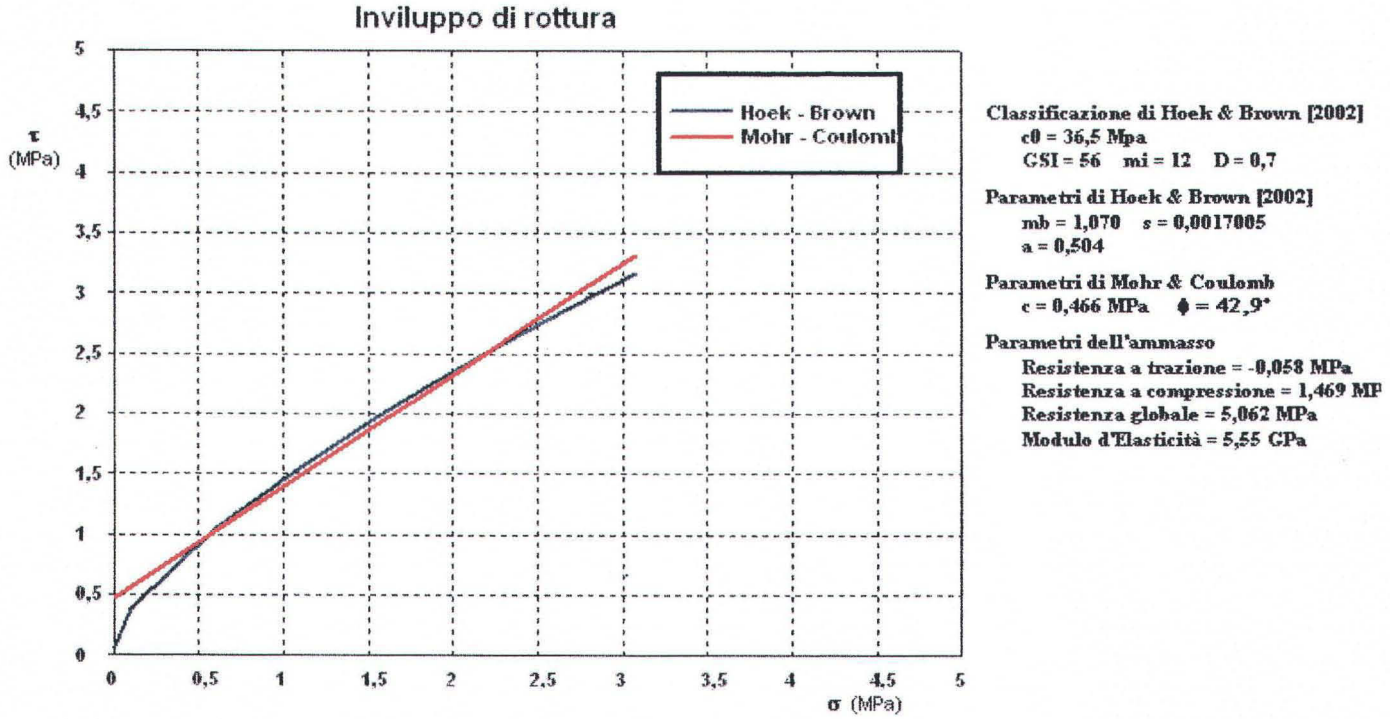
cp	cr	fp	fr
0,280 MPa	0,224 MPa	33,0°	27,4°

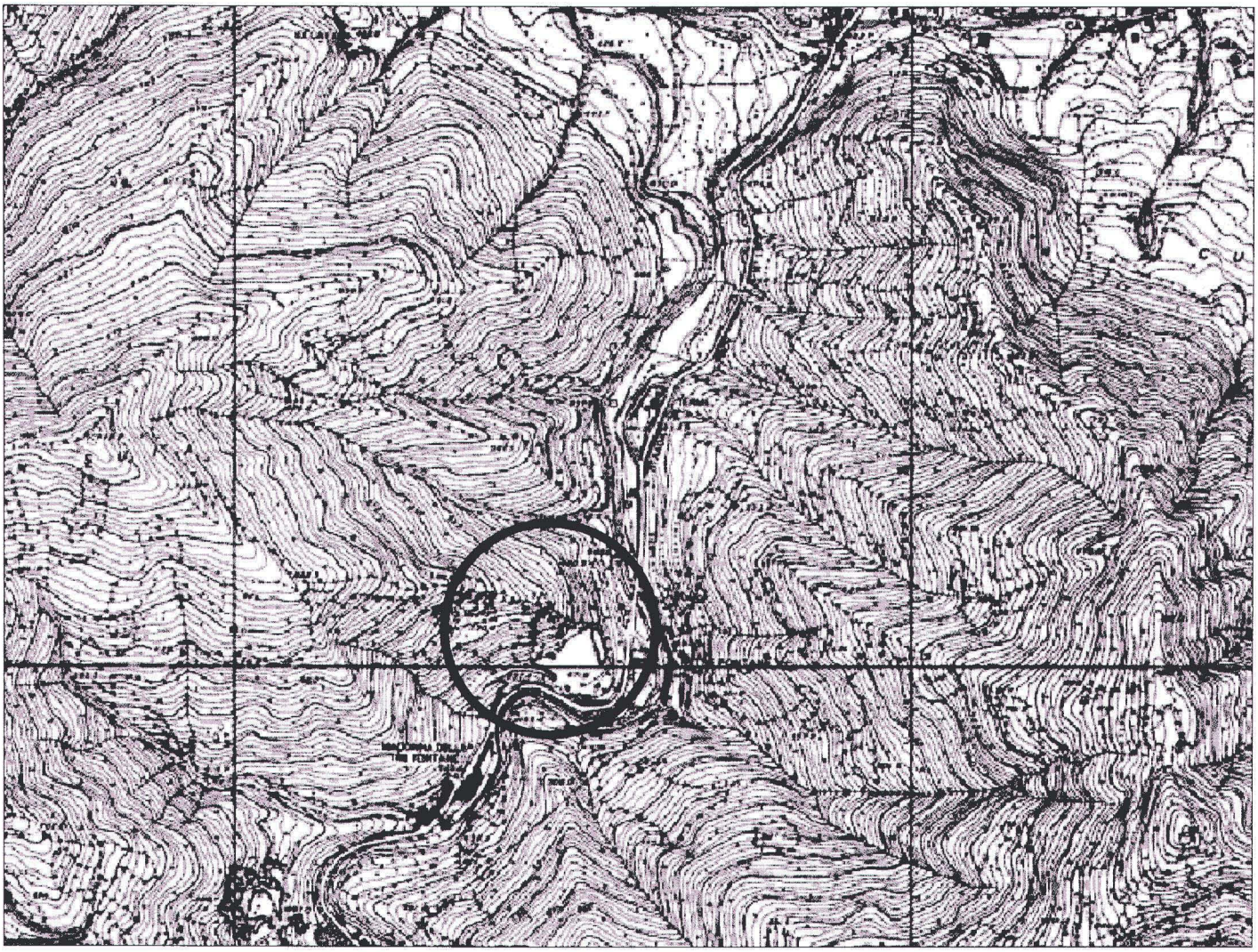
cp = coesione di picco dell'ammasso
cr = coesione residua dell'ammasso
fp = angolo d'attrito di picco dell'ammasso
fr = angolo d'attrito residuo dell'ammasso

Parametri di deformabilità [Valori in GPa]

Ed_p	Ed_r	Ed_1	Ed_2
5,55	2,91	12,75	9,76

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

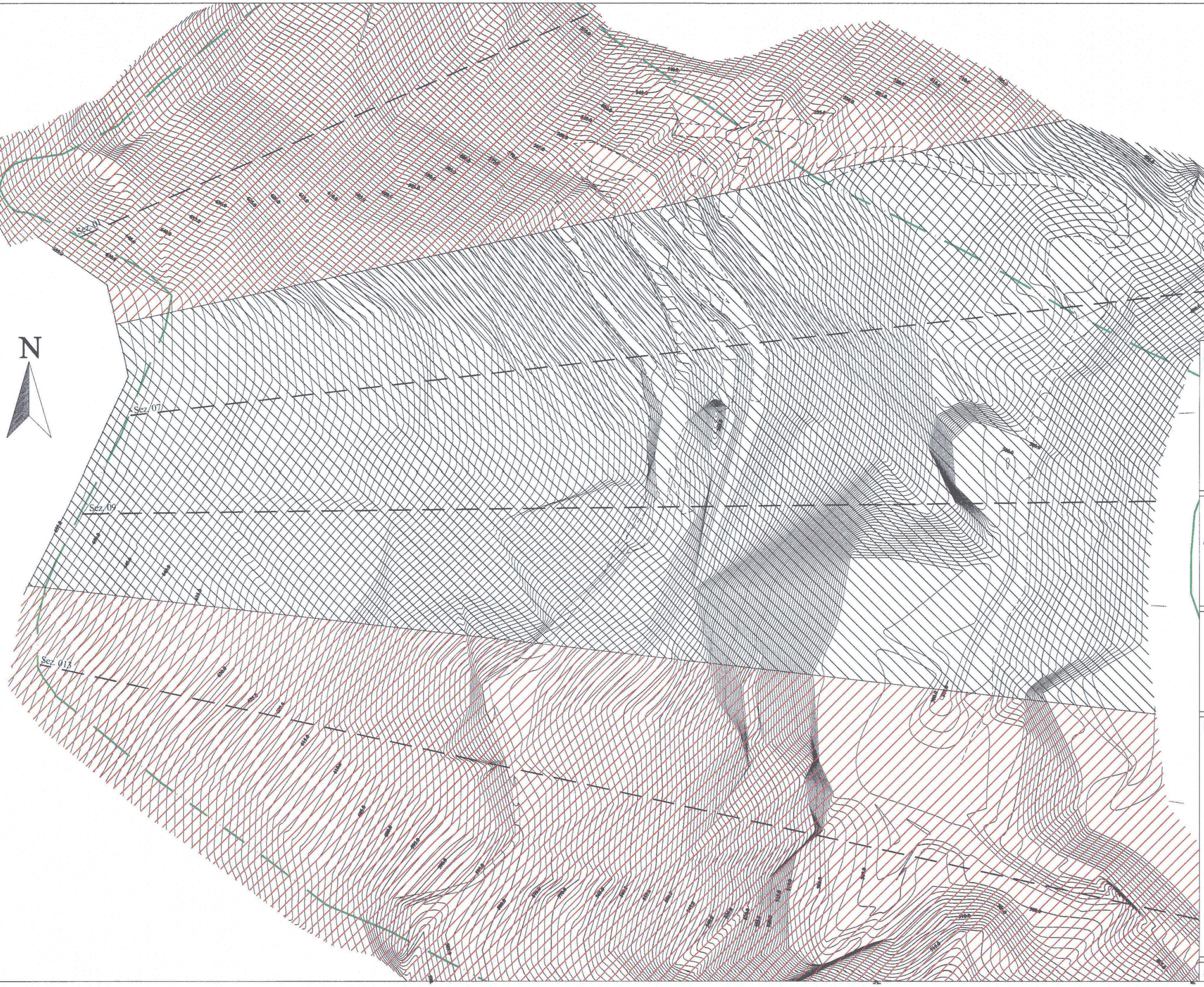




Corografia

Area intervento

Scala 1:5000



Progettisti:

dott. geol. Guido Carieri
via Alla Rocca di Legino 5/b
tel. 019801866 - fax 0198403931

dott. geol. Marco Rossi
via Mandoli 115/15
tel. 0108392926

Committente: Cementifera Ligure S.a.S.

ISTANZA DI RINNOVO AURORIZZAZIONE CAVA DI CALCARE "TRE FONTANE"

Comune di MONTOGGIO

TAVOLA 2

CARTA DELLA

ZONIZZAZIONE QUALITA'

AMMASSO ROCCIOSO

Legenda:

- Indice RMR (Beniawski) = 60
  Classe III
  Qualità ammasso mediocre
- Indice RMR (Beniawski) = 61
  Classe II
  Qualità ammasso buona
- Traccia sezioni
- Limite piano cave

data: Luglio 2010 | scala: 1:1000