COMUNE DI CASTIGLIONE CHIAVARESE
PROVINCIA DI GENOVA
REGIONE LIGURIA

CAVA DI BASALTO DENOMINATA "ACQUAFREDDA"

PROGETTO DI VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE E DI SISTEMAZIONE AMBIENTALE

INTEGRAZIONI RICHIESTE CON LETTERA PROT. PG/2012/65079 DEL 02/05/2012

ALLEGATO "A"

MODELLO GEOLOGICO E PIANO DI BACINO

IL COMMITTENTE: Cava Acquafredda S.r.l.

I PROGETTISTI: Dott. Geologo Gino Piaggi
Dott. Geologo Luca Piaggi

-Agosto 2013-

STUDIO GEOLOGICO PIAGGI
Via Genova n. 442 -19123 La Spezia
Tel-Fax: 0187 –716658
www.sgeop.com
lucapiaggi@gmail.com
geol.ginopiaggi@gmail.com

INDICE

1. Premessa;
2. Metodologia d'indagine;
3. Caratteristiche geologiche e idrogeologiche;
4. Sondaggi geognostici;
5. Prove di laboratorio;
6. Rilievo geomeccanico e strutturale;
7. Calcolo dei parametri di progetto
8. Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento;
9. Analisi sismica;
10. Verifiche di stabilità;
11. Zonizzazione Piano di Bacino in rapporto agli interventi previsti nel progetto di variante;
12. Documentazione fotografica.

ALLEGATI

- carta litotecnica 1:2000 da rilievo a scala 1:500;
- piano di bacino riportato su rilievo cava attuale 1:2000;
- verifiche di stabilità dei gradoni su sezioni tipo in presenza di basalto alterato e con angolo di scarpata di 60° e 65°.
- stratigrafia carotaggi
- certificati di laboratorio.

PREMESSA

La presente relazione si riferisce alle integrazioni richieste dal Settore Attività Estrattive di cui alla lettera prot. PG/2012/65079 del 2 Maggio 2012 a seguito del parere formulato dalla Conferenza dei Servizi nella seduta del 26 Aprile.

In particolare si fa riferimento al Punto 4) e 5) della citata lettera che recitano:

Punto 4) Il modello geologico di riferimento per le analisi quantitative condotte non evidenzia la marcata variazione delle condizioni del litotipo, che determina un sensibile scadimento delle caratteristiche geomeccaniche di alcuni settori dell'ammasso; tali condizioni richiedono quantomeno una circostanziata differenziazione dei valori dei parametri geotecnici/geomeccanici di riferimento nel trattare gli aspetti relativi alla stabilità.

Punto 5) Secondo quanto riportato dal Piano di Bacino Stralcio del Torrente Petronio, l'areale interessato dagli interventi è inserito in un contesto ad alta (PG3) o molto alta (PG4) suscettività al dissesto; rilevata la necessità di illustrare con opportuni elaborati cartografici di dettaglio i rapporti tra la zona interessata dal progetto e la zonizzazione del Piano di Bacino vigente, è necessario esaminare l'influenza dei previsti interventi sulla stabilità globale dell'areale, con particolare riferimento alle criticità evidenziate dalla documentazione di Piano di Bacino.

Stante l'interconnessione tra le problematiche geologiche – geotecniche e la zonizzazione di "suscettibilità al dissesto" del Piano di Bacino, due punti sono stati trattati congiuntamente in questa relazione.

METODOLOGIA D'INDAGINE

In considerazione di quanto sopra, l'indagine è stata particolarmente curata e si è sviluppata attraverso rilievi diretti esaminando dettagliatamente la situazione geologica, tettonica, strutturale e geomeccanica delle rocce in coltivazione.

Per questo studio è stata ripresa l'indagine geologica realizzata nel 2011 per la redazione del Progetto di variante al programma di coltivazione, che è stata pienamente confermata nelle linee geologiche, tettoniche e geomeccaniche, nonché sono state approfondite alcune tematiche, effettuate prove di laboratorio e carotaggi continui con prelievo di campioni.

L'analisi geologica e geomeccanica ha interessato l'intera area di cava e un adeguato contorno e si è concentrata soprattutto nelle zone di corona, con particolare riferimento alle zone interessate dai previsti interventi di variante al piano di coltivazione.

Per la documentazione cartografica è stata utilizzata la base topografica relativa allo Stato Attuale aggiornata al 2013 a scala 1:500 ridotta a scala 1:2000.

Inoltre, per una migliore definizione del lavoro geologico, sono state effettuate misure dirette speditive e sono stati effettuati due carotaggi continui con prelievo di campioni, eseguiti dalla Ditta Ecofond di Genova (vedi stratigrafie allegate).

Le analisi geomeccaniche sulle rocce sono state effettuate dal laboratorio specializzato G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing Srl di Genova, via Renata Bianchi n° 38 che ha fornito i certificati allegati.

CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

La cava denominata “Acquafredda” è ubicata nel comune di Castiglione Chiavarese, in provincia di Genova, immediatamente a Sud della località Selva di Battilana.

L’area di estrazione si apre a mezzacosta sul versante sud-occidentale del monte ove è sita la Madonna di Loreto (quota 358,5 m) in una zona non urbanizzata, compresa tra la strada provinciale che collega il paese di Battilana a Case Acqua Fredda, il Rio Pian Martino e il Rio di Masso, alla quota media di circa 200 m s.l.m.

L’area di cava si presenta come un ampio anfiteatro che si apre nel fianco della montagna, compresa tra le quote 275 e 80 m s.l.m. circa, con un fronte gradonato di larghezza massima di circa 440 m.

La morfologia del versante su cui è ubicata la cava risulta omogenea, con una pendenza di circa 35% verso Sud-Ovest.

Dal punto di vista geologico la Val Petronio è ubicata nelle unità Liguri Interne dell’Appennino settentrionale, costituite dalla serie ofiolitica, identificata nel complesso vulcanico-sedimentario del Bargonasco e dalle coperture sedimentarie, che derivano da depositi pelagici e di fossa, costituite dal Gruppo del Lavagna.

Nell’area sono presenti una serie di sovrascorrimenti con andamento Nord-Ovest /Sud-Est, che hanno obliterato la parte inferiore delle coperture sedimentarie, in quest’area costituita dai Calcari a Calpionelle e dai Diaspri del Monte Alpe, mettendo così in contatto tettonico le serpentiniti del complesso ofiolitico con le argille a Palombini delle coperture sedimentarie.

Nell’area di cava e nel territorio contiguo affiorano i termini ofiolitici, costituiti dalle seguenti formazioni, dal termine più vecchio al più giovane:

- Serpentiniti: situate a Sud e Sud-Ovest dell'area di cava, sono costituite da serpentiniti da lherzoliti e/o harzburgiti a relitti di strutture tettoniche e da peridotiti serpentinizzate, con filoni gabbrici o basaltici, interessate da metamorfismo oceanico. Al tetto si trovano serpentiniti brecciate con abbondanti vene di calcite. Giurassico medio.

- Gabbri: ubicati a Nord-Est dell'area di cava e ai margini della cava abbandonata di Battilana, sono gabbri eufotidi generalmente con cristallizzazione ben evidente, a volte stratificati-cumulitici, alterati sulle superfici esposte, con colorazione giallognola. Bajociano -Bathoniano

- Basalti: situati all'interno dell'area di cava, costituiscono il materiale di coltivazione. Sono basalti con struttura a pillow-lavas, costituiti dall'associazione mineralogica plagioclasio-pirosseno (augite) ed olivina (in subordine). Bathoniano medio – Oxfordiano.

- Brecce di Casa Boeno: situate a Sud-Est dell'area di cava, non sono sempre facilmente riconoscibili perché spesso ricoperte da detrito e locamente sono interessate da fenomeni franosi. Sono costituite da clasti serpentinitici ed olistoliti di serpentiniti e serpentiniti brecciate. Bathoniano medio – Calloviano inferiore.

Nell'areale di cava, ed in particolare nella zona in esame sono presenti solo basalti in colate laviche a pillows, con corpi sferoidali di dimensioni da centimetriche a plurimetriche, di colore verde con tonalità diverse in corrispondenza di zone tettonizzate o interessate da alterazione in idrossidi di ferro.

Alle lave a pillow sono intercalate brecce di basalto, con clasti a spigoli vivi da centimetrici a decimetrici, livelli di piroclastiti a grana media e ialoclastiti, nelle quali il vetro è alterato in clorite. Sono presenti anche porzioni di basalto massiccio in giacitura di flussi di lava o di filoni a grana doleritica.

In generale la roccia presenta buone qualità tecniche; risulta relativamente massiccia e tenace. In alcune aree si concentrano sistemi di fratture secondari con vene a quarzo, carbonati, clorite, albite ed epidoto, e superfici di faglia con slickenside.

Nella parte Nord della cava, solo in parte interessata dalla scavo del progetto di variante, è presente una copertura di basalti alterati di spessore variabile (compreso tra i 3 e i 10 metri circa) le cui caratteristiche geomeccaniche verranno in seguito differenziate dai basalti non alterati.

Tale copertura di alterazione si ritrova anche nel crinale sud della cava, esternamente al limite di “Ca” ed in zona non soggetta a coltivazione, al contatto con le Brecce di Casa Boeno.

Va precisato che lo strato superficiale dei basalti alterati era probabilmente più esteso (escluso la parte superiore del versante a partire da quota 275 m circa dove la roccia appare sana), ma è stato asportato progressivamente con la coltivazione, ed è rimasto solo in alcune aree marginali.

Nel caso specifico, poiché il progetto di variante alla coltivazione in oggetto va ad interessare solo il settore nord della cava ove è presente il citato strato di alterazione, le indagini sono state particolarmente approfondite su questuare in quanto rappresenta la zona più critica dal punto di vista geomeccanico.

Planimetricamente lo strato superficiale di basalto alterato si estende trasversalmente al versante a partire dalla zona di carico del frantoio primario, in prossimità del Rio Martino, sino alla parta superiore del fronte ove sono state realizzate le terre armate, al margine dell’area di scavo vera e propria.

Quanto sopra è visibile nella Carta Litotecnica allegata prodotta a scala 1:2000 da rilievo a scala 1:1000. In detta Carta sono pure riportati i limite dell’attuale zona di abbancamento del materiale sciolto per la ricomposizione morfologica del sito.

In riferimento alla permeabilità dei terreni, sulla base delle condizioni geologiche sopra esposte si ha:

- Basalti: permeabilità medio bassa per fratturazione;
- Detrito: permeabilità da media a buona per porosità in rapporto alla percentuale di matrice argillosa;

Nell'areale investigato parte delle acque meteoriche viene assorbita dai terreni e lo scorrimento sotterraneo è condizionato dalle discontinuità della roccia, parte scorre superficialmente e confluisce nel citato corso d'acqua.

Tenuto conto di quanto sopra e dall'esame dei fronti di scavo, sulla zona non vi sono falde acquifere nei livelli superficiali raggiunti dalla cava e la circolazione idrica è di tipo anisotropo, prevalentemente lungo le discontinuità dell'ammasso roccioso.

A conferma di ciò, nell’ambito della cava e nei dintorni, per un raggio di circa 200 metri, non sono conosciute sorgenti.

SONDAGGI GEOGNOSTICI

All'interno della zona di ampliamento della coltivazione con affioramento dei basalti alterati, sono stati eseguiti n°2 sondaggi con lo scopo di individuare la stratigrafica della roccia e determinare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

Per le stratigrafie di dettaglio vedere i diagrammi dei carotaggi allegati; di seguito vengono descritti i carotaggi:

Carotaggio 1: è stato eseguito lungo la pista di arroccamento alla quota di circa 205 m, su roccia mediamente alterata ed è stato spinto sino alla profondità di 7 metri. Il sondaggio ha attraversato circa 4,5 metri di basalto mediamente alterato e circa 2,5 metri di basalto sano. Non è stata rilevata copertura detritica in quanto già precedentemente asportata per il tracciamento della pista di arroccamento. I valori di RQD mostrano una percentuale di recupero medio-alta.

Carotaggio 2: è stato eseguito circa 60 metri a monte dell'S1 a quota di circa 238 metri, al limite del gradone in area non ancora coltivata, e di marginale escavazione, come previsto in progetto autorizzato. La trivellazione è stata spinta sino a 12 m dal p.c. ed è stato individuato un livello di detrito di circa 2 metri, seguito da basalto da poco a mediamente alterato sino a 9,8 metri. Da qui sino a 12 metri vi è basalto progressivamente meno alterato sino a sano. L'RQD si attesta su valori medio – alti.

PROVE DI LABORATORIO

Nell'ambito dell'indagine sono state fatte analisi geomeccaniche di laboratorio in modo da ottenere il maggior numero di parametri utili agli obiettivi prefissati.

Le analisi geomeccaniche sono state effettuate dal laboratorio specializzato G.E.T. Geotechnical and Engineering Testing Srl di Genova, via Renata Bianchi n° 38 che ha fornito i certificati delle prove effettuate su cinque campioni di roccia prelevate in sito.

Sono state fatte 2 prove di compressione uniassiale su basalto sano (campioni C1 e C2), 1 su basalto mediamente alterato e 2 su roccia profondamente alterata, secondo le Normative A.S.T.M. 7012-07 metodo C.

Come risulta dagli allegati Certificati (campione C1 e C2) il peso di volume della roccia sana varia tra i 28,61 kN/mc e i 28,40 kN/mc, mentre il carico di rottura è compreso tra 89,21 MPa e 76,11 NPa.

La prova sul campione mediamente alterato (C3) ha fornito peso di volume di 26,90 kN/mc ed un carico di rottura di 39,43 MPa.

Per i campioni di basalto molto alterato (C4 e C5) il,peso di volume varia tra

26,92 kN/mc e 26,98 kN/mc, mentre il carico di rottura oscilla tra 15,15 e 16,99 MPa.

RILIEVO GEOMECCANICO E STRUTTURALE

Caratteristiche di fratturazione e famiglie di discontinuità

I dati del rilievo dell'area di cava sono stati analizzati con apposito software (Dips© di Rocscience) cercando di determinare la distribuzione e le rispettive caratteristiche dei principali raggruppamenti di discontinuità nell'ipotesi che i dati siano rappresentati da una distribuzione di tipo normale.

La distribuzione spaziale per settori delle stesse è stata successivamente indagata mediante l'ausilio delle rappresentazioni stereografiche per evidenziare all'interno dell'area eventuali distribuzioni locali dei giunti.

Tramite detto software è stato possibile produrre lo stereogramma delle linee delle discontinuità, dei poli delle discontinuità, e l'analisi statistica dei dati.

L'elaborazione statistica delle giaciture è stata eseguita prendendo come campioni di popolazione le giaciture rilevate lungo gli stendimenti effettuati in prossimità del fronte di cava considerato.

Avendo riscontrato una omogeneità nelle giaciture rilevate in sito, le analisi di stabilità sono state effettuate sulla base delle famiglie di discontinuità ottenute elaborando i dati osservati in campagna

I dati sono stati analizzati statisticamente per ricavare i parametri tipici delle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso:

- numero di famiglie
- spaziatura
- persistenza
- apertura
- caratteristiche superficiali

Nella figure delle pagine seguenti si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura complessivamente rilevati in tutta l'area, nonché le ciclografie ed i poli corrispondenti dei piani medi individuati.

In relazione all'area indagata complessivamente si sono riscontrati 3 principali raggruppamenti medi di discontinuità così come riportati negli stereogrammi allegati e aventi le seguenti caratteristiche:

Famiglia	Imm./Inc.	Apertura (mm)	Riempimento	Persistenza (m)	Morfologia grande scala	Morfologia piccola scala	Acqua	Alterazione	Schmidt test (Mpa)
K1	279/72	1-10mm	Hf/Sf	2,5-4m	U	p	Dy	M	51
K2	62/24	1-5mm	Ass-Sf	0,2-1m	U	dr	Dy	M/H	41
K3	107/63	1-5mm	Ass	0,5-2m	U	dr	Dy	M	54

Legenda:
Morfologia piccola scala:
r = rough (ruvido)
dr = slightly rough (debolmente ruvido)
sm = smooth (planare)
sl = slickensied (liscio)

Morfologia grande scala:
S = stepped (scalettato)
U = undulating (ondulato)
P = planar (planare)
Riempimento:
ass = assente
Hf < 5 mm (hard filling)
Hf > 5 mm (hard filling)
Sf < 5 mm (soft filling)
Sf > 5 mm (soft filling)

Circolazione idrica:
Dy dry (secca)
Da damp (umida)
W wet (bagnata)
Dr dripping (gocciolante)
Fl flowing (fluente)

Alterazione:
H – High
M – Medium
L – Low

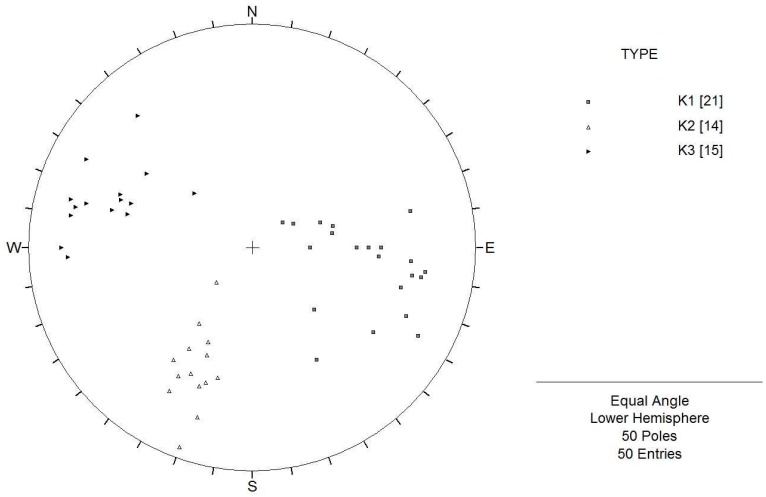


Fig. 5 - Stereonet delle discontinuità, suddiviso per tipologia di discontinuità.

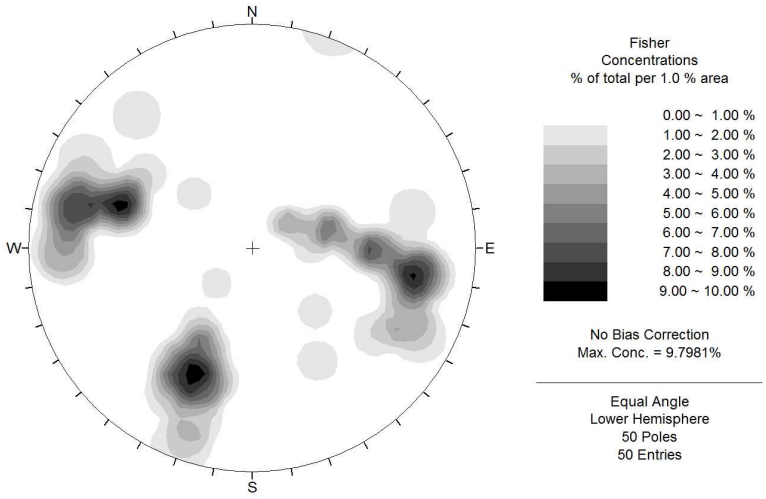


Fig. 6 - Contour delle discontinuità.

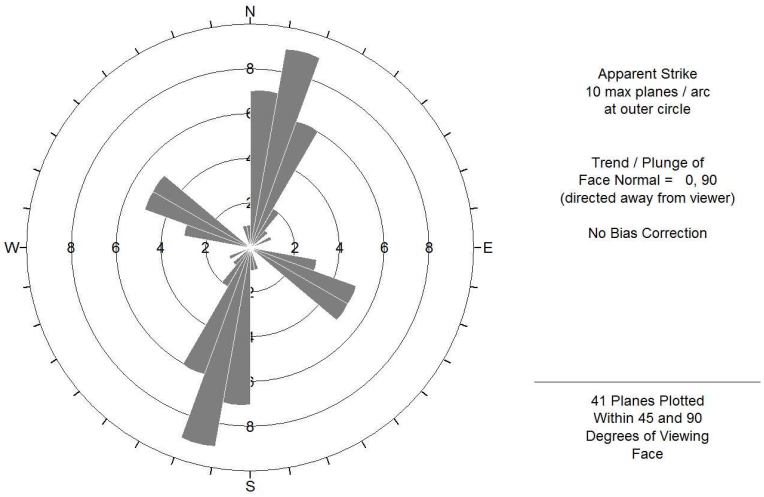


Fig. 7 - Rose diagram.

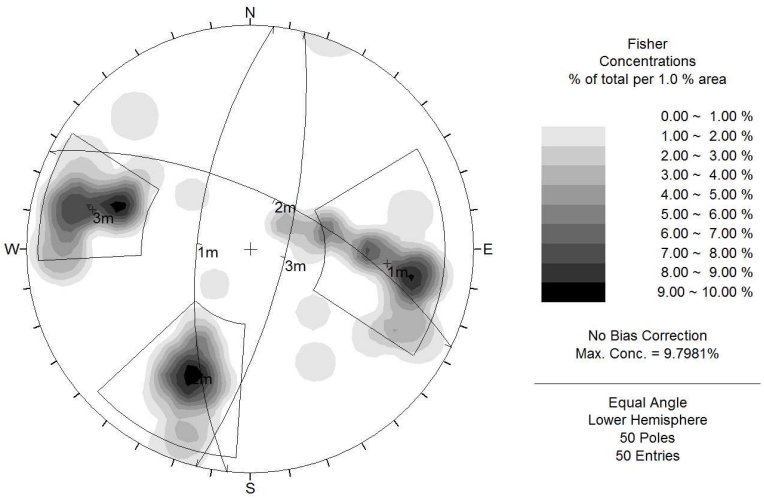


Fig. 8 - Contour delle discontinuità con individuazione dei sets principali e tracce ciclografiche dei piani principali.

Classificazione di Beniawski dell'ammasso roccioso

Circa l'attribuzione ai substrati rocciosi dei parametri fisico-meccanici che li contraddistinguono, sono stati utilizzati i dati geomeccanici e geofisici ricavati sul terreno uniti a valori reperibili in bibliografia applicando il metodo di Bieniawski (1979) che, ferma restando l'ipotesi del modello di Mohr-Coulomb, si basa sulla determinazione dell'indice RMR come sommatoria di indici parziali relativi a:

1. resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
2. indice RQD (Rock Quality Designation), estrapolato dai valori di spaziatura;
3. spaziatura dei giunti di discontinuità;
4. condizione dei giunti di discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, presenza di materiale di riempimento);
5. condizioni idrauliche;

I valori degli indici parziali sono stati determinati sulla base della seguente tabella, scegliendo, parametro per parametro, la classe che meglio rappresenta l'effettiva situazione dell'ammasso roccioso in esame.

A - Classification parameters and their ratings

PARAMETER			RANGES OF VALUES						
1	Streing of intact rock material	Point-load strengt index	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range uniaxial compressive test is preferred		
		Uniassial compressive strengt	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Rating		15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Rating		20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces OR Gouge < 5 mm thinck OR Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thinck OR Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel lenght	None	< 10 litres/min	10 - 25 litres/min	25 - 125 litres/min	>125 litres/min		
		Ratio joint water pressure / maior principal stress	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General condition	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

Total Rating	100 – 81	80 - 61	60 – 41	40 – 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo

La sommatoria dei coefficienti numerici dei cinque fattori fornisce un indice globale delle condizioni geomeccaniche della massa (Rock Mass Rating).

In particolare si ha:

1) La resistenza alla compressione uniassiale (R1) è stata misurata in superficie mediante lo sclerometro ed operando la media di almeno 10 valori ottenuti per punto di campionamento.
2) I valori dell'RQD (Rock Quality Designation - R2) sono stati ricavati attraverso l'espressione di Palmstrom nella forma: RQD=115 - 3,3 jv dove jv rappresenta il numero medio delle discontinuità per metro nelle tre dimensioni.
3) La spaziatura delle discontinuità (R3) è stata misurata considerando la distanza tra discontinuità aventi la stessa direzione. La valutazione risulta dalla media delle spaziature dei diversi sets individuati nell'area di saggio.
4) Le condizioni di discontinuità (R4) sono state valutate misurando 5 parametri descrittivi delle discontinuità in ciascuna area di saggio: persistenza, separazione, ruvidità della superficie, riempimento ed alterazione.
5) Le condizioni idrauliche (R5) dell'ammasso roccioso sono state valutate qualitativamente in quanto in nessuna area campione mostra insorgenze di acqua quantificabili.

La classe di qualità dell'ammasso roccioso risulta dalla somma RMR base = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 attraverso la quale si ottiene la valutazione fisico meccanica dell'ammasso roccioso

Oltre alla classificazione di Bieniawski, l'ammasso roccioso è stato classificato anche tramite il GSI (Geological Strenght Index), un indice di qualità dell'ammasso roccioso variabile da 5 a 100, funzione delle condizioni geomeccaniche e del grado di alterazione. Per la determinazione di questo parametro esistono relazioni che lo legano all'RMR di Bieniawski o all'indice Q di Burton.

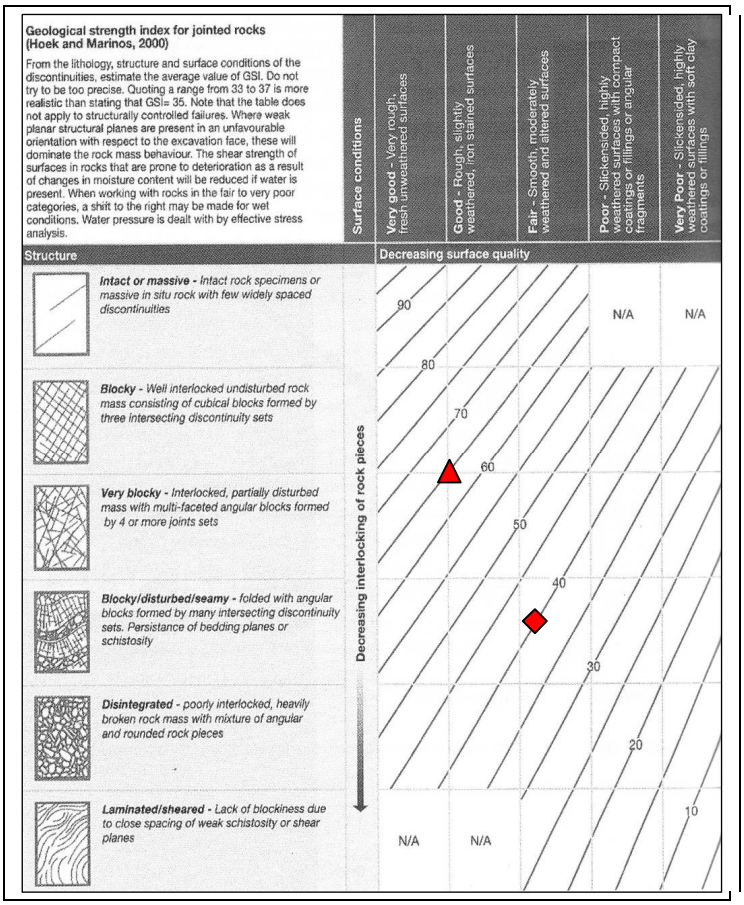


Fig. 9 - Abaco per la stima del GSI. ▲ Basalto; ◆ Basalto alterato;

Resistenza al taglio dell'ammasso roccioso

Per la caratterizzazione meccanica dell'ammasso roccioso è stato adottato un criterio di resistenza contraddistinto, nel piano di Mohr, da una marcata curvatura con concavità verso il basso; tale criterio comporta che, a modeste pressioni di confinamento, la superficie di rottura tende a seguire piani di discontinuità con giacitura prossima a quella di rottura, mentre ad elevate sollecitazioni la rottura interessa più estese porzioni di roccia integra.

Tale criterio viene bene descritto dal criterio di resistenza non lineare di Hoek e Brown (1980) generalmente adottato per gli ammassi rocciosi.

Hoek & Brown (1980a, 1980b) hanno proposto un metodo per ottenere delle stime attendibili della resistenza di ammassi rocciosi discontinui basato sulla valutazione della qualità meccanica degli ammassi stessi. Nell'ultima versione (1997) il criterio di rottura è definito:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \qquad \text{[MPa]}$$

dove:

"σ*'1"* e "σ*'3"* sono i valori degli sforzi efficaci massimo e minimo alla rottura

"*mb*" è il valore della costante di Hoek & Brown per gli ammassi rocciosi

"*s"* e "*a"* sono costanti che dipendono dalle caratteristiche degli ammassi rocciosi

"σ*ci*" è il valore della resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta.

La definizione dei parametri *mb* , *s* e *a* è stata recentemente riformulata (Hoek et alii, 2002) secondo le equazioni seguenti sempre utilizzando i valori di GSI per riferirsi alle condizioni geomeccaniche degli ammassi.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

Il fattore D dipende dal grado di disturbo a cui è stato soggetto l'ammasso per effetto della tecnologia di scavo (esplosivo o meccanizzato) e del rilascio tensionale successivo allo scavo; esso può variare da 0 per ammassi non disturbati a 1 per ammassi molto disturbati.

La scelta del fattore di disturbo (D), utile per il calcolo dei parametri *mb* ed *s*, è stata fatta utilizzando le linee guida presentate dagli stessi autori. Quelle interessanti per lo scavo di una parete rocciosa sono:



Small scale blasting in civil engineering slopes results in modest rock mass damage, particularly if controlled blasting is used as shown on the left hand side of the photograph. However, stress relief results in some disturbance.

D=0.7 Good Blasting

D=1.0 Poor Blasting



Very large open pit mine slopes suffer significant disturbance due to heavy production blasting and also due to stress relief from overburden removal.

In some softer rocks excavation can be carried out by ripping and dozing and the degree of damage to the slopes is less.

D=1.0 Production Blasting

D=0.7 Mechanical Excavation

Sulla base di questi suggerimenti si è scelto di adottare un fattore di disturbo pari a **1**.

Il criterio di Hoek e Brown viene più convenientemente espresso in termini di curva intrinseca $\tau - \sigma'_n$ anziché in termini di sforzi principali, correlando in base a relazioni geometriche, lo sforzo di taglio in funzione della sollecitazione normale.

Lo sforzo normale e di taglio sono correlate agli sforzi principali dalle relazioni (Balmer, 1952):

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \frac{d\sigma_1'/d\sigma_3' - 1}{d\sigma_1'/d\sigma_3' + 1}$$

$$\tau = (\sigma_1' - \sigma_3') \cdot \frac{\sqrt{d\sigma_1'/d\sigma_3'}}{d\sigma_1'/d\sigma_3' + 1}$$

$$dove$$

$$d\sigma_1'/d\sigma_3' = 1 + am_b(m_b\sigma_3'/\sigma_c + s)^{a-1}$$

Per calcolare i parametri di resistenza espressi in temine di coesione ed angolo di attrito efficaci Hoek (1980) ha proposto la seguente procedura di calcolo:

$$\varphi' = arcsen\left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}\right]$$

$$c' = \frac{\sigma_c[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n})](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)\sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1})/(1+a)(2+a)}}$$

$$dove$$

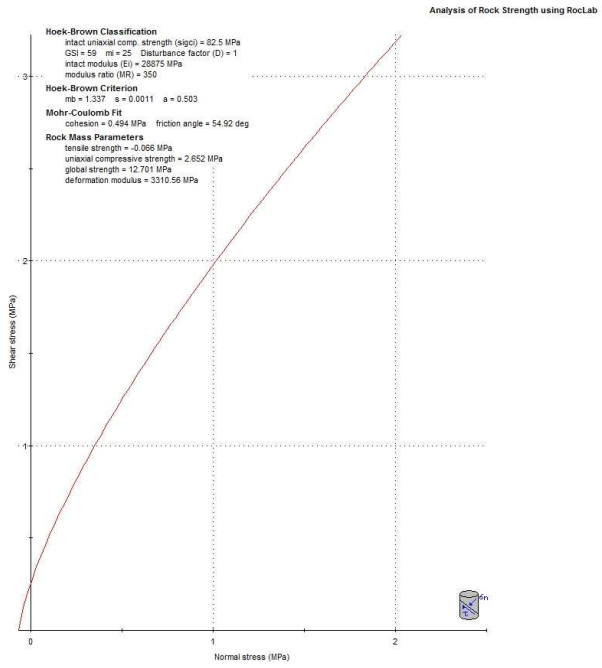
$$\sigma'_{3n} = \sigma'_{3\max} / \sigma_c$$

Il valore di σ'_{3max} è il limite superiore della tensione di confinamento per il quale viene considerata la correlazione tra il criterio di Hoek-Brown e di Mohr-Coulomb.

I calcoli precedentemente descritti sono stati processati utilizzando uno specifico software (RocLab della *RocScience*) in cui devono essere inseriti i parametri σ*ci* , GSI, m e D.

Nella figura seguente è riportata la curva caratteristica dell'ammasso roccioso in funzione dello sforzo normale efficace.

Basalto

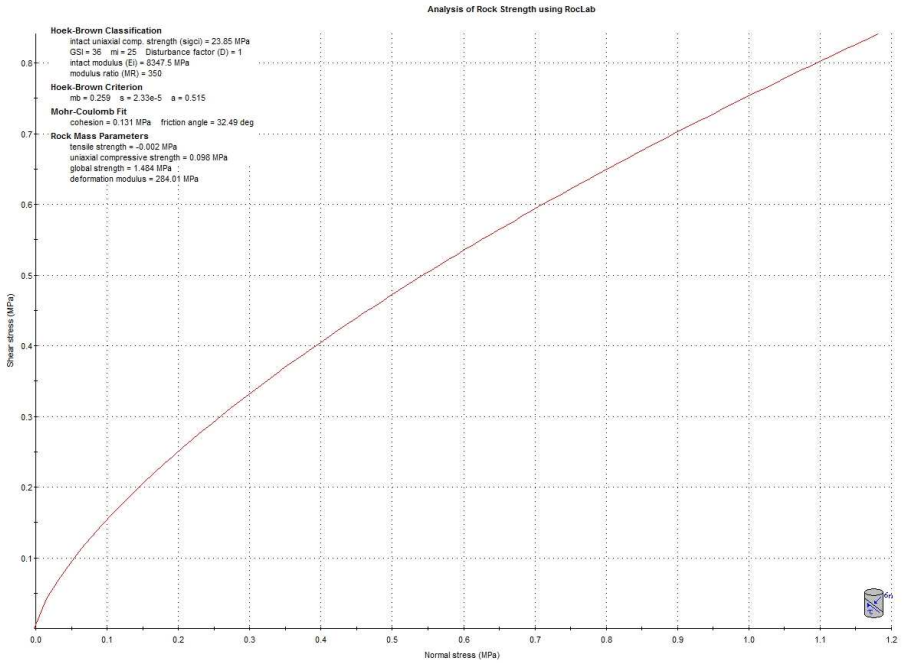


Curva caratteristica dell'ammasso roccioso.

Parametri dell'ammasso roccioso

Angolo di attrito (°)	54,92
Coesione (Mpa)	0,49
Peso di Volume (KN/mc)	28,5
mb	1,337
s	0,001
a	0,503
Resistenza a compressione uniassiale	82,5 Mpa (da media analisi di laboratorio)

Basalto alterato



Curva caratteristica dell'ammasso roccioso.

Parametri dell'ammasso roccioso

Angolo di attrito (°)	32,49
Coesione (Mpa)	0,13

Peso di Volume (KN/mc)	26,9
mb	0,259
s	0,000
a	0,515
Resistenza a compressione uniassiale	23,85 Mpa (da media analisi di laboratorio)

CALCOLO DEI PARAMETRI DI PROGETTO

Dalle prove in situ e di laboratorio effettuate e dai rilevamenti geomeccanici, si è ottenuto un chiaro modello geologico e geomeccanico del sito oggetto di studio; di seguito sono riportati i parametri medi (Vm) i parametri caratteristici (Vk) e i parametri di progetto (Vd) calcolati per poi essere di seguito utilizzati nelle verifiche di stabilità dei fronti così come prevedono le NTC 2008 (par. 6.2.3.1.2)

Valori medi (Vm)

Basalto

Angolo di attrito (°)	54,92
Coesione (Mpa)	0,49
Peso di Volume (KN/mc)	28,5
Resistenza a compressione uniassiale	82,5 Mpa (da media analisi di laboratorio)

Basalto alterato

Angolo di attrito (°)	32,49
Coesione (Mpa)	0,13
Peso di Volume (KN/mc)	26,9
Resistenza a compressione uniassiale	23,85 Mpa (da media analisi di laboratorio)

Valori caratteristici (Vk)

Applicando quanto contenuto nelle istruzioni del CSLP si sono assunti quali valori caratteristici del deposito i valori medi: Vm=Vk.

Infatti, come riportato nel C6.2.2 del CSLP “appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azione dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Valori di progetto (Vd)

I valori di progetto di c, cu e φ da adottare nel calcolo si ottengono per combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'eurocodice 7 e nel D.M. 14/01/2008 NTC.

I valori di progetto si ottengono tramite le seguenti formule:

- tgφd=tgφk/1,25
- cd=ck/1,25
- cud=cuk/1,4
- qud=quk/1,6 (resistenza a compressione uniassiale)

Basalto

Angolo di attrito (°)	48,72
Coesione (Mpa)	0,39
Peso di Volume (KN/mc)	28,5
Resistenza a compressione uniassiale	51,56 Mpa

Basalto alterato

Angolo di attrito (°)	27
Coesione (Mpa)	0,09
Peso di Volume (KN/mc)	26,9
Resistenza a compressione uniassiale	14,91 Mpa

I valori ottenuti sono utilizzati per i calcoli nelle verifiche di stabilità di seguito eseguite.

Tabella 6.2.II – *Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	**(M1)**	**(M2)**
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (par. 2.4.2 NTC).
La vita nominale dell'opera in progetto è 50 anni.

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso, la classe d'uso dell'opera in progetto è:

- *Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Il coefficiente C_U in questo caso risulta pari a 1 come dalla tabella 2.4.II delle NTC.

Si precisa che, fermo restando che la decisione delle classi d'uso è del progettista che ne determina quindi il ruolo, a favore della sicurezza si sono considerati i gradoni come "opera" e classificati come Classe II.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso Cu (par. 2.4.3 NTC):
VR= VN x Cu = 50 anni.

Tabella riepilogativa - gradoni

Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso C_u	1
Periodo di riferimento dell'azione sismica V_R	50

ANALISI SISMICA

Dal punto di vista sismico l'area in esame si colloca nella zona 27 che è classificata "zona c" cioè "Zona legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena dell'arco Appenninico Settentrionale", caratterizzata da prevalenti dip - slip con assi T SW – NE.

Il territorio del Comune di Castiglione Chiavarese è inserito in zona 3, corrispondente ad un valore di accelerazione orizzontale ag = 0,15 g

Per quanto riguarda i valori delle Vs, sulla base della bibliografia e dai dati acquisiti direttamente in campagna, si possono stimare i valori medi. Pertanto, la categoria del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica è assimilabile prudenzialmente alla categoria come "B" e cioè: "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 Vs30 compresi tra 360 e 800 m/sec"., secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008.

A proposito della categoria di suolo, si precisa che la categoria B è stata assegnata prudenzialmente al basalto alterato che in questo studio rappresenta l'oggetto principale di analisi per le problematiche citate in premessa. Ove sono presenti i gradoni con affioramento di basalto sano la categoria di suolo non può che essere "A".

Circa l'amplificazione topografica il sito in esame è collocato in un pendio e la categoria topografica è T2 (tabella 3.2.IV NTC) e il coefficiente di amplificazione topografica risulta **St = 1,2**.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" VR espresso in anni), in detto sito 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" PVR.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.
Gli stati limite ultimi (SLU) dinamici sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

Gli stati limite di esercizio (SLE) dinamici sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD)

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri sismici – Gradoni

Sito in esame.

latitudine:	44,27086
longitudine:	9,485644
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 17591	Lat: 44,2656Lon: 9,4411	Distanza: 3595,228
Sito 2	ID: 17592	Lat: 44,2680Lon: 9,5108	Distanza: 2028,491
Sito 3	ID: 17370	Lat: 44,3179Lon: 9,5075	Distanza: 5515,864
Sito 4	ID: 17369	Lat: 44,3156Lon: 9,4377	Distanza: 6267,541

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B	
Categoria topografica:	T2	
Periodo di riferimento:	50anni	
Coefficiente cu:	1	
Operatività (SLO):		
Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,037 g	
Fo:	2,510	
Tc*:	0,211	[s]
Danno (SLD):		
Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,046 g	

Fo:	2,492	
Tc*:	0,239	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,119	g
Fo:	2,391	
Tc*:	0,285	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,155	g
Fo:	2,391	
Tc*:	0,288	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,500
St:	1,200
Kh:	0,011
Kv:	0,005
Amax:	0,521
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,460
St:	1,200
Kh:	0,013
Kv:	0,007
Amax:	0,656
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,200
Kh:	0,041
Kv:	0,021
Amax:	1,676
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,200
Kh:	0,053
Kv:	0,027
Amax:	2,182
Beta:	0,240

Valutazione dell'azione sismica nei pendii (Slope Geostru 2010)

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni

che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti: Fh=Kh *W e Fv=Kv *W

Essendo:

- FH e FV rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W: peso concio
- Ko: Coefficiente sismico orizzontale
- Kv: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti Ko e Kv indipendenza di vari fattori:
Ko= βs×(amax/g)
Kv=±0,5×Ko
Con
βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
amax accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.
Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.
amax= SS ST ag
SS(effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90 ≤Ss≤ 1.80; è funzione di F0(Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
ST(effetto di amplificazione topografica).
Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:
T1(ST= 1.0) T2(ST= 1.20) T3(ST=1.20) T4(ST= 1.40).
Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è così valutato:

TR=-VR/ln(1-PVR)

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

Con l'OPCM 3274 e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale Ko e verticale Kv che interessano tutte le masse vengono calcolatati come:

Ko= S · (ag/g) Kv= 0.5· Ko
S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:
tipo A - S=1;
tipo B - S=1.25;
tipo C - S=1.25;
tipo E - S=1.25;
tipo D - S=1.35.
Per pendii con inclinazione superiore a 15° e dislivello superiore a 30 m, l'azione sismica deve essere incrementata moltiplicandola per il coefficiente di amplificazione topografica ST:
ST≥ 1,2 per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
ST≥ 1,4 per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in testa molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media > 30°; ST≥ 1,2 per siti dello stesso tipo, ma pendenza media inferiore.

VERIFICHE DI STABILITA'

In considerazione del tipo di analisi da eseguire, le verifiche sono state fatte su sezioni tipo riferite alla parte superiore del fronte di scavo dove è previsto l'ampliamento in variante, in presenza di basalto alterato e nell'ipotesi di angolo di scarpata di 60° e 65° e considerando molto prudenzialmente una altezza massima di scarpata di 30 m, cioè il doppio di quella dei gradoni di progetto.

Per ogni sezione si è proceduto alla verifica di stabilità, considerando le condizioni più sfavorevoli, utilizzando i parametri ridotti riportati nei capitoli precedenti e l'amplificazione sismica.

Le verifiche sono state eseguite tramite il software Slope della Geostru, come visibile negli allegati, utilizzando l'apposito tool per i versanti in roccia.

Per quanto riguarda i parametri geomeccanici si sono utilizzati i coefficienti ridotti (Vd), come consigliato nel capitolo 6, par. 6.2.3.1.2 e in particolare alla Tab. 6.2.II delle NTC.

I risultati, visibili in allegato, dimostrano che in ogni condizione il versante esaminato è stabile, con valori del fattore di sicurezza minimo pari a Fs = **1,14** per il pendio a 60° e di Fs = **1,10** per il pendio a 65°.

Pertanto, pur considerando altezze di fronte ben superiori al progetto, tutte le scarpate di scavo su basalto alterato che hanno pendenza inferiore o uguale a 65° sono in condizioni di stabilità.

Per scarpate su basalto non alterato valgono le verifiche già fatte nella Relazione geologica del Progetto di variante (All. 4 - 2011) che forniscono valori di sicurezza dei potenziali cunei superiori a Fs > 4, ampiamente cautelativi.

Per quanto riguarda la stabilità globale del versante, sempre dalla citata Relazione geologica di Progetto di variante si evincono fattori di sicurezza minimi variabili tra Fs = 1,17 (sez. 5-5) e 1,35 (sez. 6-6).

In conclusione le verifiche di stabilità effettuate, tenuto conto di tutti gli aspetti sismici, morfologici e geotecnici del sito, permettono di affermare che la porzione superficiale di basalto alterato, pur considerando le condizioni più critiche, è stabile sino a pendenze dell'ordine di 65°.

Da ciò si può affermare che i profili di progetto finale di scavo previsto in variante sono stabili anche nella parte più superficiale poiché la pendenza delle scarpate dell'ultimo gradone non superano i 60°.

La metodologia utilizzata per la verifica è il Metodo dei conci elaborato da Bishop.

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

- *n* valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- *n* valori delle forze di taglio alla base del concio T_i
- *(n-1)* forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- *(n-1)* forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
- *n* valori della coordinata *a* che individua il punto di applicazione delle E_i;
- *(n-1)* valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

Complessivamente le incognite sono *(6n-2)*.

mentre le equazioni a disposizione sono:

- Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
- Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
- Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
- Equazioni relative al criterio di rottura *n*

Totale numero di equazioni *4n*

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a: i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a *(n-2)* in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le *(n-2)* indeterminazioni.

Con il metodo di Bishop (1955) non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$SF_v = 0$, $SM_0 = 0$, Criterio di rottura.

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

I valori di *F* e di *DX* per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema.

Come prima approssimazione conviene porre *DX= 0* ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di *Bishop ordinario,* gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Si sottolinea che la metodogia di applicare metodi calcolo internazionalmente riconosciuti (Bishop. Jambu etc) su pendii in roccia è riconosciuta in molteplici studi e analisi a carattere nazionale, internazionale e nell'ambito scientifico ed universitario.

A titolo di esempio si riportano alcuni lavori specialistici sull'argomento:

- Stead D., Eberhardt E., Coggan J., Benko B., Advanced numerical techniques in rock slope atability analysis, Application and limitation; Landslide, June 2001
- Eberhardt E., Rock slope stability analysis, Utilization of advanced Numerical Tecnique, Canada 2004.

ZONIZZAZIONE PIANO DI BACINO E GLI INTERVENTI PREVISTI NEL PROGETTO DI VARIANTE

Come già riportato in premessa, nella lettera di richiesta di integrazioni del Settore Attività Estrattive - prot. PG/2012/65079 del 2 Maggio 2012 – al punto 5) si specifica:

"Secondo quanto riportato dal Piano di Bacino Stralcio del Torrente Petronio, l'areale interessato dagli interventi è inserito in un contesto ad alta (PG3) o molto alta (PG4) suscettività al dissesto; rilevata la necessità di illustrare con opportuni elaborati cartografici di dettaglio i rapporti tra la zona interessata dal progetto e la zonizzazione del Piano di Bacino vigente, è necessario esaminare l'influenza dei previsti interventi sulla stabilità globale dell'areale, con particolare riferimento alle criticità evidenziate dalla documentazione di Piano di Bacino."

Sulla base di ciò sono state approfondite le condizioni geologiche e geomorfologiche che hanno determinato la citata classificazione dell'area da parte dei tecnici del Piano di Bacino ed elaborate cartografie in modo da esaminare l'influenza dei previsti interventi sulla stabilità globale dell'areale con particolare riferimento alle criticità evidenziate nella documentazione di Piano.

Per quanto concerne i rapporti tra l'area di cava "Ca" e la zonizzazione della "suscettività al dissesto" del Piano di Bacino Stralcio del Torrente Petronio, occorre premettere che nelle Norme di Attuazione di detto Piano, Art. 12 Capo II comma 2, le cave attive sono definite al punto 7) come "Classi speciali (cave attive, miniere e attive e discariche in esercizio)": aree cioè soggette ad appositi Piani di settore (nel caso specifico al PTRAC).

All'Art. 16 della Sezione II – Disciplina dell'assetto geomorfologico – al punto 6. si specifica che "Nelle aree definite classi speciali (cave attive etc ..) vigono gli specifici Piani di settore.

Pertanto, per quanto la "carta di suscettività al dissesto" evidenzi una zonizzazione anche nell'ambito della cava Acquafredda, non si ritiene possa essere considerata valida ai fini delle valutazioni geologiche e geomorfologiche per il progetto in questione, anche alla luce degli elementi geologici – geomorfologici che sono emersi negli approfondimenti fatti e sopra riportati.

Ciò anche in considerazione del fatto che l'aver incluso la cava in zona PG3 (alta) e/o PG4 (molto alta suscettibilità al dissesto) indica chiaramente un errore interpretativo della reale situazione di pericolosità del versante. E' probabile, infatti, che la zona di cava, proprio per gli interventi di coltivazione in atto, sia stata interpretata dalla fotointerpretazione come area dissestata.

Per altro, poiché la coltivazione crea una continua evoluzione del versante, sia in termini di scavo sia di riporto in base al programma autorizzato, è evidente che non può essere oggetto di zonizzazione statica, di programmazione e gestione del territorio, come invece vuole rappresentare la "carta di suscettività al dissesto".

Ciò viene confermato ed evidenziato dalla cartografia allegata a scala 1:2000, e precisamente Carta Litotecnica della zona di cava e Carta dell'areale di cava con riportato la Zonizzazione del Piano di Bacino.

In dette planimetrie si evidenzia che la zona indicata come PG4 va ad interessare prevalentemente la zona di abbancamento del materiale sciolto per la ricomposizione ambientale del sito, e la zona PG3 quella già in buona parte scavata e in parte interessata dalla variante in progetto.

La zona PG2 va ad interessare la parte nord ed est della cava dove è previsto l'ampliamento della coltivazione.

Addirittura compaiono zone classificate PG1 che interessano parte del riporto di ricomposizione ambientale e parte dei piazzali di lavorazione del materiale.

Orbene, tale zonizzazione può essere spiegata solo se si prende in considerazione la cartografia CTR derivata dalle foto aeree ante 2011 (data di approvazione del Piano di Bacino).

Infatti, a quell'epoca la coltivazione della cava era molto differente dall'attuale e ricalca proprio la zonizzazione sopra commentata, individuando (erroneamente) la scarpata di scavo come area instabile (PG4) e il piazzale di base come area stabile (PG1).

Altra considerazione, che di fatto rafforza quanto già detto sopra, è che nelle zone di cava come quella in questione, di norma vengono estratti materiali litoidi con buone / ottime caratteristiche geomeccaniche (nel caso specifico basalto) e quindi difficilmente soggette a condizioni di instabilità, ma certamente più che stabili, come per altro risulta anche dalle verifiche di stabilità che sono state eseguite in fase di progettazione e nell'esecuzione dei lavori di scavo.

E' proprio il caso della zona di cava indicata dal Piano di Bacino come PG3 (area di attuale coltivazione parte sinistra del fronte) che l'esame geologico – geotecnico (vedi Carta Litotecnica), ha evidenziato un basalto compatto e sano e quindi difficilmente assimilabile ad Area con Pericolosità Alta (PG3).

Per altro la zona con copertura di basalto alterato che è stata individuata dalla analisi geomeccaniche eseguite in sito è riportata dal Piano di Bacino come area PG2 (Pericolosità media).

I fenomeni di degrado che sono stati oggetto di interventi in anni passati in un settore nella parte alta del fronte sono da ricollegare alla copertura detritica e al cappellaccio di alterazione della roccia e non certamente al litotipo in coltivazione.

In realtà, se si legge la Relazione Generale del Piano di Bacino del Torrente Petronio, all'Art. 1.4 "Limiti del Piano di Bacino" (pagg. 12 e 13) si comprende perfettamente quali sono gli obiettivi della zonizzazione e quali sono i limiti.

Sintetizzando quanto scritto nell'Art. 1.4 nella sostanza si precisa che:

- i risultati variano in funzione della scala e del metodo che si utilizza entro certi limiti;
- i dati utilizzati nel Piano possono contenere errori;

- in particolare per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica derivata per le classi più alte, la sua attendibilità è legata alla precisione in cui sono state rilevate e all'incertezza della carte;
- se il rilievo è solo aerofotogrammetrico (come nel caso in questione) l'errore che è lecito attendersi per le frane può raggiungere anche i 150 m.

Da queste considerazioni sintetiche si ricava che il Piano consente "solo" una visione globale del bacino in merito ai pericoli e rischi analizzati. Ciò significa anche che il Piano non può essere utilizzato per valutazioni di stabilità di un singolo sito.

Da quanto sopra e dagli studi e verifiche fatte sull'areale di cava è possibile concludere che gli interventi programmati nella variante presentata non influenzano le condizioni globali di stabilità dell'areale e le criticità evidenziate nel Piano di Bacino sono del tutto superate.

I progettisti
Dott. Geologo Gino Piaggi
Dott. Geologo Luca Piaggi

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Panoramica della cava dalla A12



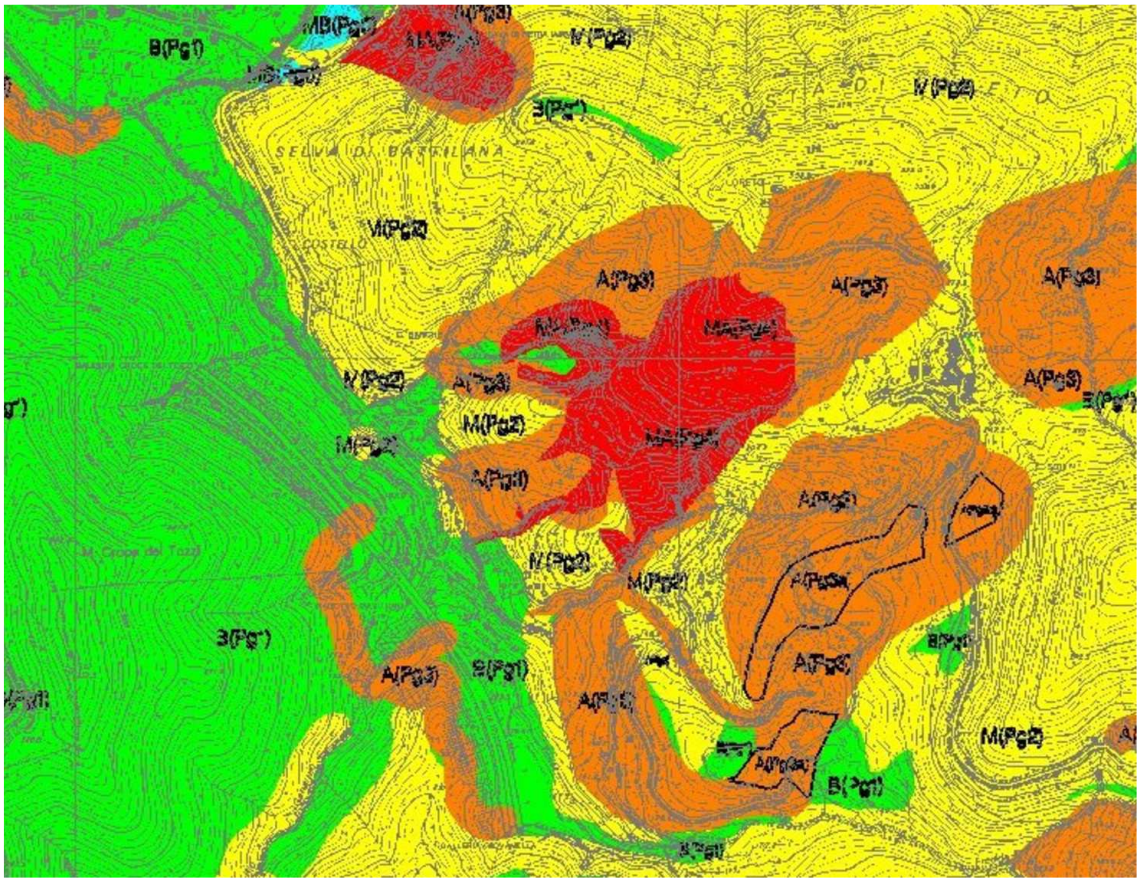
Particolare contatto basalto sano – alterato



Sondaggio n. 1



Sondaggio n. 2



Stralcio Piano di Bacino

VERIFICHE DI STABILITA' DEI GRADONI SU SEZIONI TIPO RIFERITE ALLA PARTE SUPERIORE SINISTRA DEL FRONTE DI SCAVO IN PRESENZA DI BASALTO ALTERATO E NELL'IPOTESI DI ANGOLO DI SCARPATA DI 60° E 65°

- Coefficiente di sicurezza Fs con angolo di scarpata di 60° Fs = 1,14
- Coefficiente di sicurezza Fs con angolo di scarpata di 65° Fs = 1,10

Verifica di stabilità pendio a 60°

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.3

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-2.45 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	24.86 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11.4 m
Ordinata vertice destro superiore ys	41.15 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.27
Longitudine:	9.49
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.37	2.51	0.21
S.L.D.	50.0	0.46	2.49	0.24
S.L.V.	475.0	1.19	2.39	0.29
S.L.C.	975.0	1.55	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5328	0.2	0.0109	0.0054
S.L.D.	0.6624	0.2	0.0135	0.0068
S.L.V.	1.7136	0.24	0.0419	0.021
S.L.C.	2.232	0.24	0.0546	0.0273

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0419
Coefficiente azione sismica verticale 0.021

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	7.0	0.0
3	27.5	35.0
4	34.4	35.0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.91773	27	2.74	2.74	0.00		

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0

Risultati analisi pendio

==========

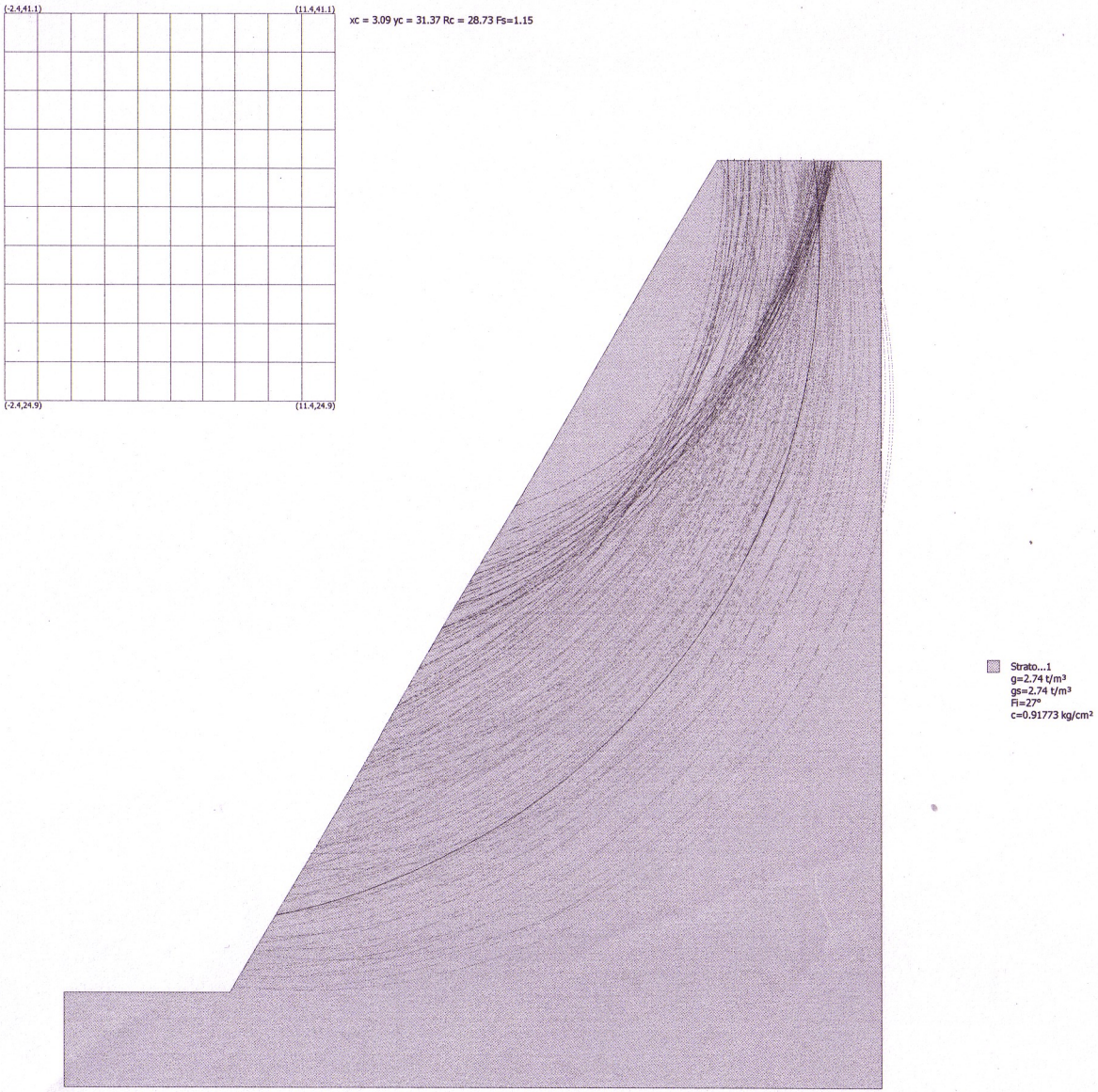
Fs minimo individuato 1.15
Ascissa centro superficie 3.09 m
Ordinata centro superficie 31.37 m
Raggio superficie 28.73 m

==========

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

Analisi dei conci. Superficie...xc = 3.091 yc = 31.373 Rc = 28.729 Fs=1.1486

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2.27	14.0	2.34	10441.92	437.52	219.28	0.92	27.0	0.0	5498.0	21126.2
2	2.27	18.7	2.4	30399.9	1273.76	638.4	0.92	27.0	0.0	22266.2	29022.4
3	2.27	23.6	2.48	49042.59	2054.89	1029.89	0.92	27.0	0.0	37598.5	36462.7
4	2.27	28.6	2.59	66232.9	2775.16	1390.89	0.92	27.0	0.0	51671.9	43579.1
5	2.27	33.9	2.74	81768.07	3426.08	1717.13	0.92	27.0	0.0	64576.1	50500.2
6	2.27	39.6	2.95	95340.22	3994.76	2002.15	0.92	27.0	0.0	76276.1	57368.5
7	2.27	45.8	3.25	106453.5	4460.4	2235.52	0.92	27.0	0.0	86493.8	64369.3
8	2.72	53.6	4.58	137441.6	5758.8	2886.27	0.92	27.0	0.0	113612.4	86993.6
9	1.82	62.0	3.88	85830.09	3596.28	1802.43	0.92	27.0	0.0	67874.5	61148.1
10	2.27	81.6	15.51	76958.95	3224.58	1616.14	0.92	27.0	0.0	-78042.9	89336.5


(-2.4,41.1)
(11.4,41.1)
xc = 3.09 yc = 31.37 Rc = 28.73 Fs=1.15
(-2.4,24.9)
(11.4,24.9)
Strato...1
g=2.74 t/m³
gs=2.74 t/m³
Fi=27°
c=0.91773 kg/cm²

Verifica di stabilità - Pendio a 65°

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	1.0
Numero dei conci	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.3

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-7.18 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29.92 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8.49 m
Ordinata vertice destro superiore ys	43.47 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	44.27
Longitudine:	9.49
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.37	2.51	0.21
S.L.D.	50.0	0.46	2.49	0.24
S.L.V.	475.0	1.19	2.39	0.29
S.L.C.	975.0	1.55	2.39	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5328	0.2	0.0109	0.0054
S.L.D.	0.6624	0.2	0.0135	0.0068
S.L.V.	1.7136	0.24	0.0419	0.021
S.L.C.	2.232	0.24	0.0546	0.0273

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.042
Coefficiente azione sismica verticale 0.021

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	0.0
2	7.0	0.0
3	24.4	35.0
4	30.4	35.0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (t/m³)	Gs (t/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0.91773	27	2.74	2.74	0.00		

G0: Modulo di taglio dinamico a basse deformazioni; G: Modulo di taglio dinamico; Dr: Densità relativa; OCR: Grado di sovraconsolidazione; IP: Indice di plasticità

Strato	G0 (KPa)	G (KPa)	Dr (%)	OCR	IP (%)
1	0	0	0	1	0

Risultati analisi pendio

==========

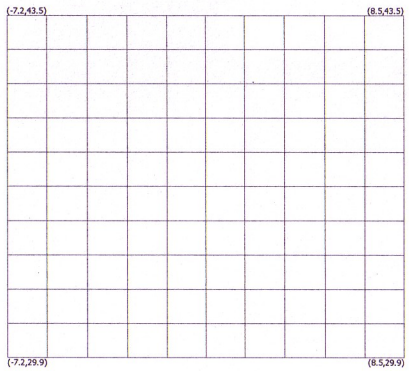
Fs minimo individuato 1.1
Ascissa centro superficie 0.65 m
Ordinata centro superficie 29.92 m
Raggio superficie 27.44 m

==========

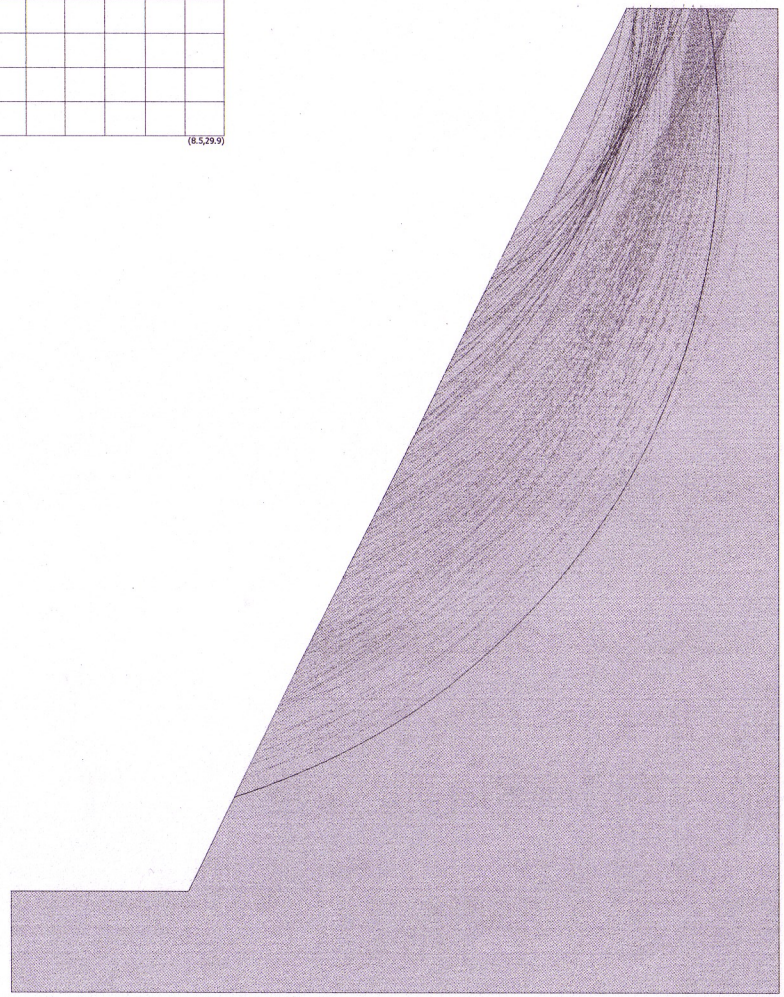
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento;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

Analisi dei conci. Superficie...xc = 0.651 yc = 29.917 Rc = 27.44 Fs=1.1036

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.88	19.5	1.99	8092.58	339.89	169.94	0.92	27.0	0.0	2348.2	17632.8
2	1.88	23.7	2.05	23679.19	994.53	497.26	0.92	27.0	0.0	15285.4	24095.3
3	1.88	28.1	2.13	38405.11	1613.02	806.51	0.92	27.0	0.0	27364.4	30313.1
4	1.88	32.6	2.23	52168.87	2191.09	1095.55	0.92	27.0	0.0	38665.2	36371.2
5	1.88	37.4	2.36	64825.45	2722.67	1361.33	0.92	27.0	0.0	49215.8	42360.0
6	1.88	42.5	2.55	76159.97	3198.72	1599.36	0.92	27.0	0.0	58960.4	48388.5
7	1.88	48.1	2.81	85833.96	3605.03	1802.51	0.92	27.0	0.0	67667.4	54607.2
8	2.41	55.5	4.26	120953.9	5080.06	2540.03	0.92	27.0	0.0	96915.8	80149.7
9	1.34	63.0	2.95	64630.97	2714.5	1357.25	0.92	27.0	0.0	49397.7	47378.2
10	1.88	83.4	16.3	70807.22	2973.9	1486.95	0.92	27.0	0.0	-111340.0	84178.2



xc = .65 yc = 29.92 Rc = 27.44 Fs=1.10



Strato...1
g=2.74 t/m³
gs=2.74 t/m³
Fi=27°
c=0.91773 kg/cm²

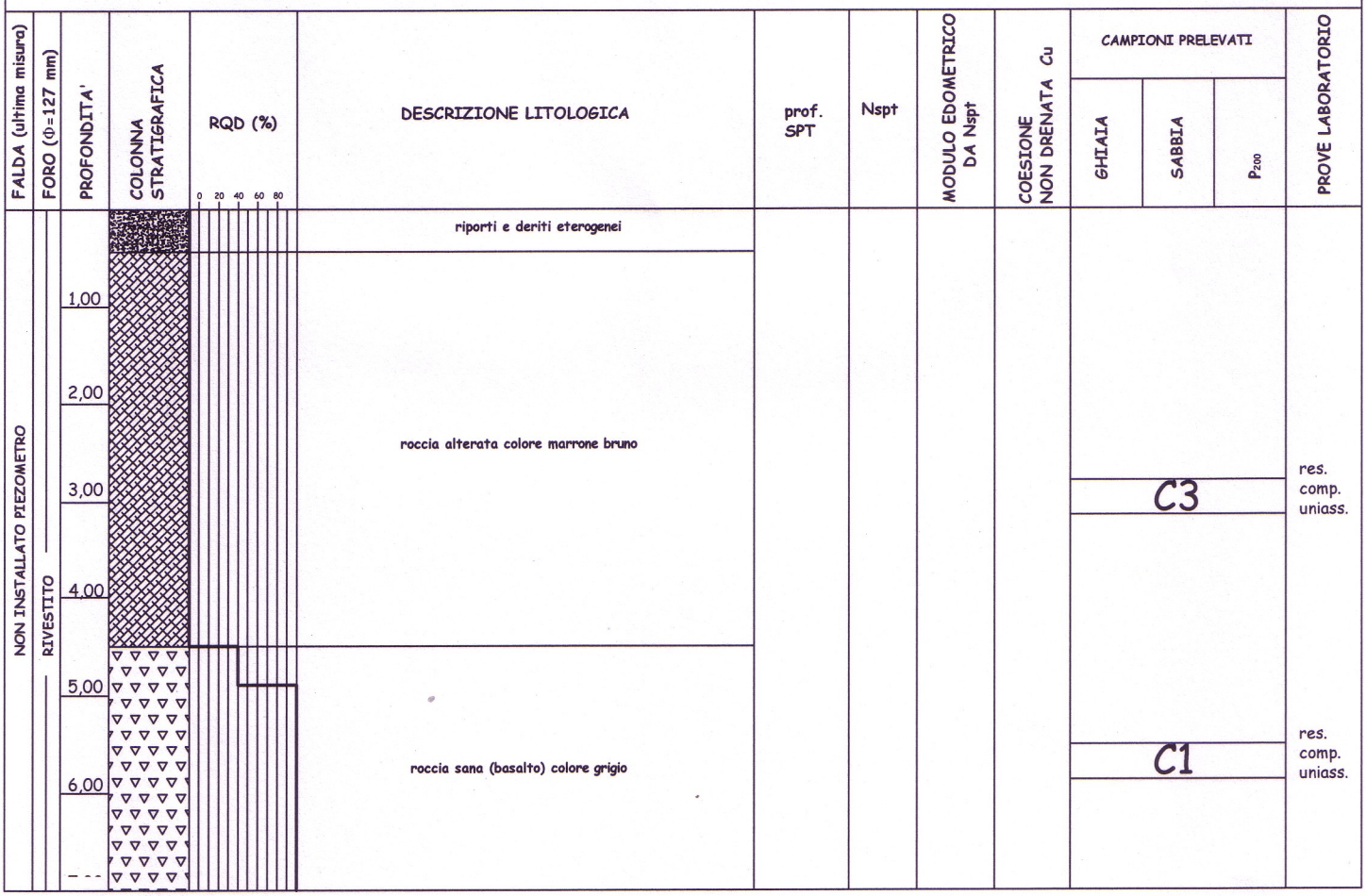
STRATIGRAFIA CAROTAGGI

SONDAGGIO S1

SCALA 1:50

LOCALITA': COMUNE DI CASTIGLIONE CHIAVARESE (GE) - LOC. ACQUAFREDDA - CAVA ACQUAFREDDA SRL

COMMITTENTE: CAVA ACQUAFREDDA SRL - INTERPRETAZIONE: GEOL. PIAGGI GINO - ROMANELLI STEFANO



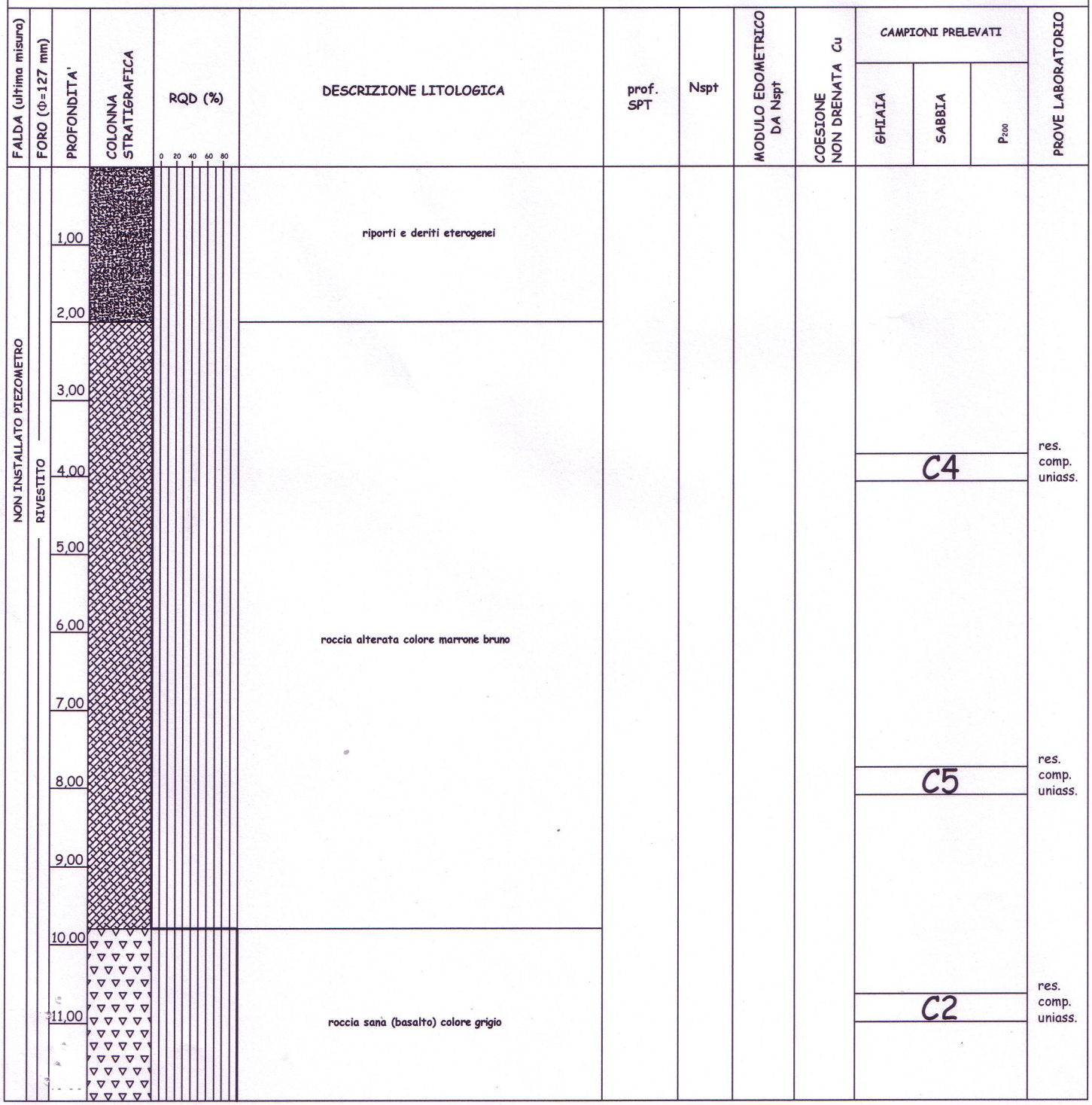
Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

SONDAGGIO S2

SCALA 1:50

LOCALITA': COMUNE DI CASTIGLIONE CHIAVARESE (GE) - LOC. ACQUAFREDDA - CAVA ACQUAFREDDA SRL

COMMITTENTE: CAVA ACQUAFREDDA SRL - INTERPRETAZIONE: GEOL. PIAGGI GINO - ROMANELLI STEFANO



Create PDF files without this message by purchasing novaPDF printer (http://www.novapdf.com)

PROVE DI LABORATORIO

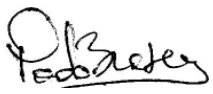
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cliente :	Cava Acquafredda Srl
Località :	Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda
Identificazione Campione :	C1
Profondità (m) :	Da fronte cava
Tipo del Campione :	Ricarotato
Descrizione del Materiale :	Basalto sano. Colore grigio

Data Ricevimento :	25 maggio 2012
Data Esecuzione Prova :	29 maggio 2012
Denominazione Prova :	**RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 7012-07- METODO C**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore :  Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore :  Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA - ASTM 7012-07 METODO C

Cliente : Cava Acquafredda Srl
Località : Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : C1 Profondità (m) : Da fronte cava

Descrizione : Basalto sano. Colore grigio

Dimensioni : Diametro (cm) : 5.40 Altezza (cm) : 10.76

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 28.61

Condizioni di umidità ad inizio prova : Asciugato all'aria

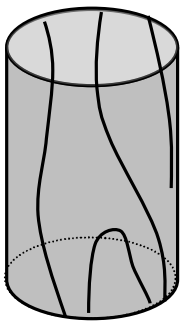
ROTTURA

Carico (kN) : 204.3 Temperatura (°C) : 22

σ (MPa) : **89.21** Velocità di appl. carico (MPa/s) : 0.15

NOTE :

Schizzo del provino a rottura



Direttore : PBY Operatore : GO

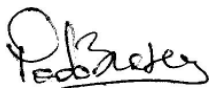
G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cliente :	Cava Acquafredda Srl
Località :	Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda
Identificazione Campione :	C2
Profondità (m) :	Da fronte cava
Tipo del Campione :	Ricarotato
Descrizione del Materiale :	Basalto sano. Colore grigio

Data Ricevimento :	25 maggio 2012
Data Esecuzione Prova :	29 maggio 2012
Denominazione Prova :	**RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 7012-07- METODO C**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore :  Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore :  Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA - ASTM 7012-07 METODO C

Cliente : Cava Acquafredda Srl
Località : Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : C2 Profondità (m) : Da fronte cava

Descrizione : Basalto sano. Colore grigio

Dimensioni : Diametro (cm) : 5.40 Altezza (cm) : 12.26

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 28.40

Condizioni di umidità ad inizio prova : Asciugato all'aria

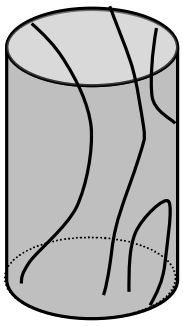
ROTTURA

Carico (kN) : 174.3 Temperatura (°C) : 22

σ (MPa) : **76.11** Velocità di appl. carico (MPa/s) : 0.15

NOTE :

Schizzo del provino a rottura



Direttore : PBY Operatore : GO

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cliente :	Cava Acquafredda Srl
Località :	Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda
Identificazione Campione :	C3
Profondità (m) :	Da fronte cava
Tipo del Campione :	Ricarotato
Descrizione del Materiale :	Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Data Ricevimento :	25 maggio 2012
Data Esecuzione Prova :	29 maggio 2012
Denominazione Prova :	**RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 7012-07- METODO C**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA - ASTM 7012-07 METODO C

Cliente : Cava Acquafredda Srl
Località : Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : C3 Profondità (m) : Da fronte cava

Descrizione : Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Dimensioni : Diametro (cm) : 5.40 Altezza (cm) : 10.75

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 26.90

Condizioni di umidità ad inizio prova : Asciugato all'aria

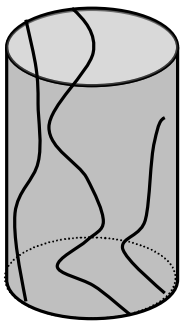
ROTTURA

Carico (kN) : 90.3 Temperatura (°C) : 22

σ (MPa) : **39.43** Velocità di appl. carico (MPa/s) : 0.15

NOTE : Rottura lungo fratture esistenti

Schizzo del provino a rottura



Direttore : PBY Operatore : GO

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cliente :	Cava Acquafredda Srl
Località :	Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda
Identificazione Campione :	C4
Profondità (m) :	Da fronte cava
Tipo del Campione :	Ricarotato
Descrizione del Materiale :	Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Data Ricevimento :	25 maggio 2012
Data Esecuzione Prova :	29 maggio 2012
Denominazione Prova :	**RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 7012-07- METODO C**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA - ASTM 7012-07 METODO C

Cliente : Cava Acquafredda Srl
Località : Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : C4 Profondità (m) : Da fronte cava

Descrizione : Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Dimensioni : Diametro (cm) : 5.40 Altezza (cm) : 10.25

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 26.92

Condizioni di umidità ad inizio prova : Asciugato all'aria

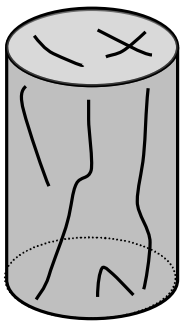
ROTTURA

Carico (kN) : 34.7 Temperatura (°C) : 22

σ (MPa) : **15.15** Velocità di appl. carico (MPa/s) : 0.15

NOTE : Rottura lungo fratture esistenti

Schizzo del provino a rottura



Direttore : PBY Operatore : GO

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

Cliente :	Cava Acquafredda Srl
Località :	Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda
Identificazione Campione :	C5
Profondità (m) :	Da fronte cava
Tipo del Campione :	Ricarotato
Descrizione del Materiale :	Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Data Ricevimento :	25 maggio 2012
Data Esecuzione Prova :	29 maggio 2012
Denominazione Prova :	**RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA**
Riferimenti Normativi :	**A.S.T.M. D 7012-07- METODO C**

Note :

I risultati relativi al presente certificato sono riferiti esclusivamente al campione in oggetto

Direttore : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Giuseppe Ottonello

G.E.T.
GEOTECHNICAL and ENGINEERING TESTING srl
Laboratorio Geotecnico - Genova

RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE SU ROCCIA - ASTM 7012-07 METODO C

Cliente : Cava Acquafredda Srl
Località : Castiglione Chiavarese (GE) - Via Acquafredda

DATI IDENTIFICATIVI

Identificazione del Campione : C5 Profondità (m) : Da fronte cava

Descrizione : Basalto alterato. Colore bruno-rossastro

Dimensioni : Diametro (cm) : 5.40 Altezza (cm) : 10.87

CARATTERISTICHE FISICHE

Peso di volume (kN/m^3) : 26.98

Condizioni di umidità ad inizio prova : Asciugato all'aria

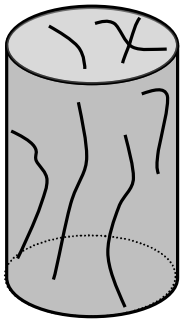
ROTTURA

Carico (kN) : 38.9 Temperatura (°C) : 22

σ (MPa) : **16.99** Velocità di appl. carico (MPa/s) : 0.15

NOTE : Rottura lungo fratture esistenti

Schizzo del provino a rottura



Direttore : PBY Operatore : GO

CAVA ACQUAFREDDA (GE)

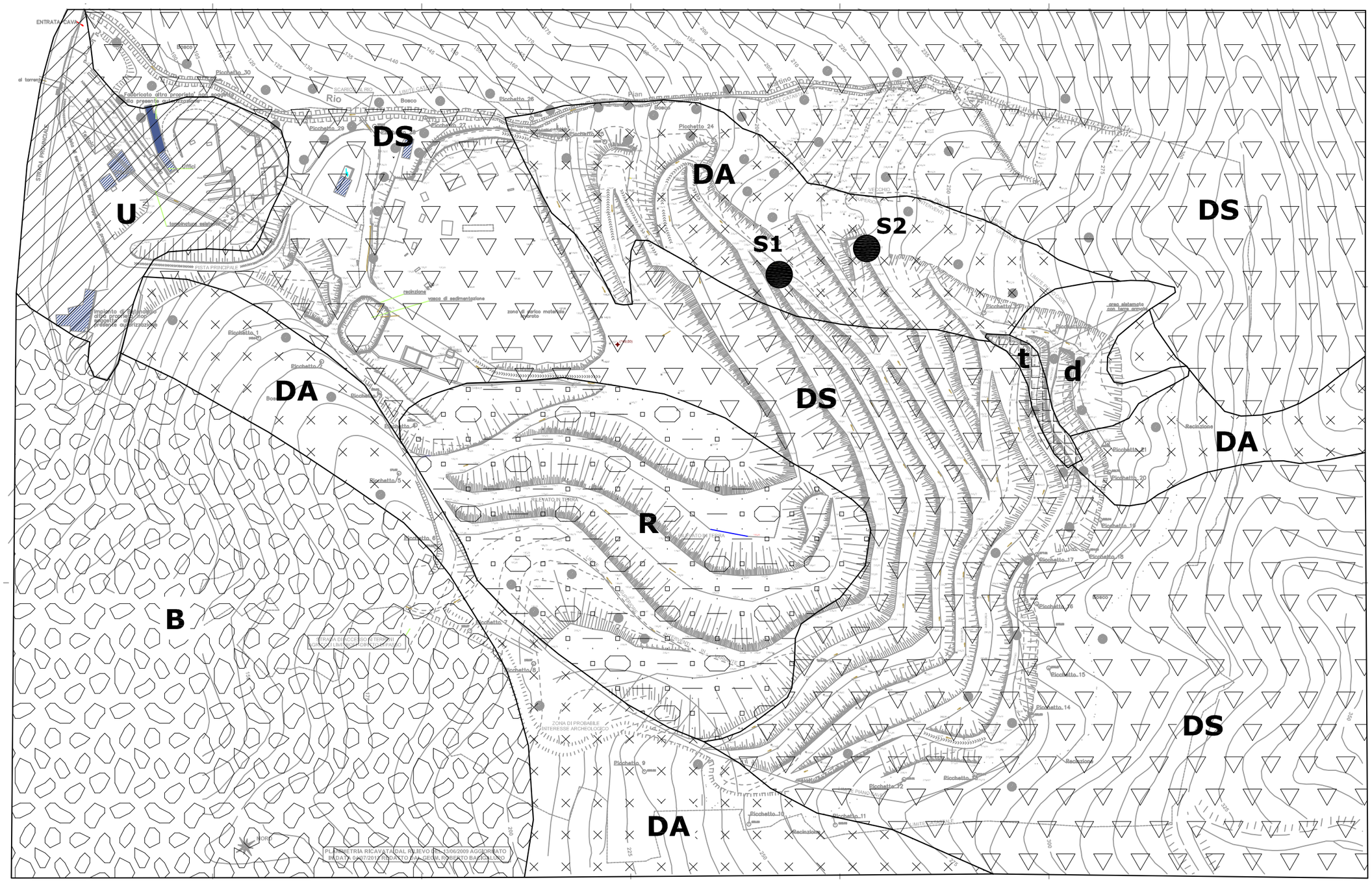
Studio Geologico Piaggi
Via Genova 442, La Spezia (Sp)
www.sgeop.com

CARTA LITOTECNICA

Scala 1:2000

LEGENDA

- U - Area Urbanizzata
- R - Riporto
- d - Detrito
- t - Terre Armate
- B - Breccia di Casaboeno
- DA - Diabase Alterato
- DS - Diabase Sano
- S1/S2 - Carotaggi



CAVA ACQUAFREDDA (GE)

Studio Geologico Piaggi
Via Genova 442, La Spezia (Sp)
www.sgeop.com

CARTA DEL PIANO DI BACINO

Scala 1:2000

LEGENDA

- PG1 - Pericolosità Bassa
- PG2 - Pericolosità Media
- PG3 - Pericolosità Alta
- PG4 - Pericolosità Molto Alta

