STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Brunello FORFORI
Via VII Luglio, 34
54033 - CARRARA (MS)
Tel. cell. +39/393/9592397
Email: brunelloforfori@gmail.com
Pec: brunelloforfori@epap.sicurezzapostale.it

STUDIO TECNICO
Dott. Massimo CORNIANI
Via Massa Avenza, 22/D
54100 – MASSA (MS)
Tel. Cell. +39/385/3850475
E-mail: massimo.corniani@gmail.com

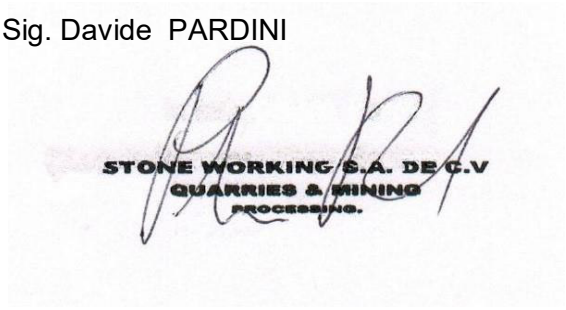
ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DELL'AREA DI INTERVENTO – CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, GEOTECNICHE, GEOMORFOLOGICHE, GEOMINERARIE, IDROGEOLOGICHE, VEGETAZIONALI, DI STABILITÀ E SICUREZZA DEL SITO E PAESAGGISTICHE GENERALI DI SUPPORTO AL PROGETTO DI RIATTIVAZIONE E COLTIVAZIONE DELLA CAVA BACOLAIO DI CIMA SITA NEL BACINO ACQUABIANCA – COMUNE DI MINUCCIANO (LU)

Relazione tecnica art. 17 comma 1 lett. a) – L.R. n°35/2015 e DPGR n°72/R/2015 Art. 2

COMMITTENTE: STONE WORKING S.A. DE C.V.
Calle Estecolmo n. 594
Colonia el Campestre C.P. 35080
Gomez Palacio – Stato di Durango – Messico
Pec: *stoneworking@pec.it*
Mail: *stoneworking@hotmail.com*

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Sig. Davide PARDINI



I GEOLOGI

Dott. Brunello FORFORI

Dott. Massimo CORNIANI

- GIUGNO 2020 -

Indice generale

1.0 - PREMESSA....3
2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE....4
3.0 - VINCOLISTICA....5
3.1 Inquadramento generale dei vincoli....5
3.2 P.A.B.E. Acquabianca – classi di pericolosità e fattibilità....6
3.3.- Piano Assetto Idrogeologico Autorità Bacino F. Serchio....11
3.4.- P.G.R.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale....11
3.5.- P.G.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale....11
3.6. - Linee guida in materia di "ravaneti", approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019."....14
3.7. - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava....17
4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....19
4.1 Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale....19
4.2 Forme derivanti da attività carsica....20
4.3 Forme derivanti da attività antropica....21
5.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA....24
5.1 Inquadramento Tettonico dell'Area....24
5.2 Inquadramento Geologico - stratigrafico....24
5.3 – Inquadramento geologico - geostrutturale....25
5.3.1 – Rilievo strutturale....25
5.3.2 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti....26
5.3.3 – Caratteri strutturali del rilievo....29
5.3.4 – Classificazione dell'ammasso roccioso....30
5.3.5 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso....32
6.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE....34
6.1 – Inquadramento generale....34
6.2 – Stima del blocco unitario- Vb....35
6.3 – Stima della resa media del giacimento....36
6.4 - Il Materiale....37
7.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO....37
8.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI....37
8.1 – Caratteri generali....37
8.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame....39
8.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee....40
8.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità....43

1.0 - PREMESSA

Per incarico della Società Stone Working, è stato eseguito il presente studio sulle caratteristiche geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e strutturali di compendio al progetto di coltivazione della cava “Bacolaio” ubicata nel Bacino Acqua Bianca, nel Comune di Minucciano (LU).

Scopo della presente è di ottemperare a quanto previsto dal R.D.L. n. 3267/1923, dal R.D.L. 1497/39 ex Art. 7, dalla L.R. n°65/1997, della L.R. n°65/2014 e s.m.i., dalla L.R. n°35/2015 (ex L.R. 78/98) e dalla L.R. n°10/2010 e successive modifiche.

A tal fine sono state studiate le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, giacimentologiche, idrogeologiche, paesaggistiche ed ambientali dell’area a disposizione.

L’inquadramento geologico è stato realizzato su stralci aereofotogrammetrici digitali della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, sezione 249070.

Il rilevamento geologico-geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio è stato effettuato su cartografia in scala 1:2.000 realizzata a supporto del Piano Attuativo del Bacino Estrattivo; lo studio strutturale è stato condotto su cartografia ottenuta da rilievo strumentale di dettaglio integrato con la cartografia suddetta. Il rilievo di dettaglio della cava, nelle aree accessibili e della strada di arroccamento, è stato eseguito dal Geom. Luigi Dell’Amico.

In particolare il presente studio si rifà alle seguenti tavole di supporto:

Tavole di inquadramento

Tav. 1 – Corografia dell’area, scala 1:10.000/1:5.000;
Tav. 2 – Carta catastale, scala 1:2.000; da fare
Tav. 3 - Carta Geologica, scala 1:5.000;
Tav. 4 – Sezioni Geologiche, scala 1:5.000;
Tav. 5 – Carta Idrogeologica. scala 1:5.000;
Tav. 6 – Sezioni Idrogeologiche, scala 1:5.000;
Tav. 6 – Carta Geomorfologica, scala 1:2.000;
Tav. 8 – Carta Merceologica, scala 1:2.000
Tav. 9 – Carta della fratturazione e merceologica di dettaglio, scala 1:500;
Tav. 10 – Carta della vincolistica principale, scala 1:5.000;

Tavole progettuali:

Tav. 11 – Planimetria Stato Attuale, scala 1:500;
Tav. 12 – Planimetria Stato alla Prima Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 13 – Planimetria Stato alla Seconda Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 14 – Sezioni Topografiche progettuali, scala 1:500;
Tav. 15 – Planimetria Gestione delle A.M.D. alla Prima Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 16 – Planimetria Gestione delle A.M.D. nSeconda Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 17 – Planimetria aree a maggiore polverosità - Prima Fase, scala 1:500;
Tav. 18 – Planimetria aree a maggiore polverosità - Seconda Fase, scala 1:500;

Progetto di Ripristino ambientale

Tav. 19 – Planimetria Ripristino Ambientale - Prima Fase (stato a 5 anni), scala 1:500;
Tav. 20 – Planimetria Ripristino Ambientale - Seconda Fase (stato a 10 anni), scala 1:500;
Tav. 21 – Sezioni Ripristino Ambientale a 5 e a 10 anni, scala 1:500;

Tavole con sovrapposti progettuali finali

- Tav. 22 – Planimetria Sovrapposto Stato alla Prima Fase (stato a 5 anni) – Progetto Autorizzato, scala 1:500;

- Tav. 23 – Planimetria Sovrapposto Stato alla Seconda Fase (stato a 10 anni) – Progetto Autorizzato, scala 1:500.

Per la stesura del presente elaborato si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- Piano di gestione delle acque nel Distretto Idrografico del Fiume Serchio e cartografia annessa [P.d.G.];
- Piano Assetto Idrogeologico – Bacino Pilota Fiume Serchio – e cartografia annessa [P.A.I];
- P.G.R.A. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo (CISS) dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e Santa Maria del Giudice" – CGT – Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena – 10 settembre 2007, comprensivo di relazioni e cartografie [Studio CISS – CGT];
- Convenzione "Carta Giacimentologica dei Marmi delle Alpi Apuane a scala 1:10.000 e sua informatizzazione"– Università degli Studi di Siena CGT, Regione Toscana, Servizio Geologico, Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali – cartografie annesse;
- PIT della Regione Toscana con valenza di piano paesistico e relativa cartografia in scala 1:10.000 reperibile sul portale della Regione Toscana;
- Piano Attuativo di Bacino Estrattivo ai sensi dell'art.113 della L.R. 65/2014 e del PIT/PPR; Bacino Estrattivo Acqua Bianca

2.0 – LOCALIZZAZIONE E DESTINAZIONE D'USO DELLE AREE

La cava è localizzata nella Valle di Gorfigliano, sul versante sudorientale del Monte Mirandola e in prossimità un crinale secondario allungato in direzione est-ovest. La cava risulta posizionata in prossimità dello spartiacque di due corsi d'acqua minori, il Fosso Guerciaccia a Nord ed un fosso minore, entrambi immissari in sinistra orografica del Torrente Acqua Bianca e con deflusso circa Ovest-Est.

L'area ricade all'interno del comune di Minucciano (LU); la sua ubicazione è riportata nella Tavola 1 – Corografia.

Il sito si sviluppa mediamente tra le quote di 1050m e 1150m s.l.m. circa ed è raggiungibile percorrendo la strada di arroccamento che dall'area di fondovalle, solcata dal Fosso Acqua Bianca, si ricollega alla viabilità di servizio delle cave del Bacino dell'Acquabianca.

In particolare, dalla frazione di Gorfigliano la cava si può raggiungere attraverso la strada asfaltata che collega la località "Segheria" di Gorfigliano alla località Giovo, nel comune di Vagli; da questa viabilità principale si dipartono due strade asfaltate disposte est-ovest che si ricollegano rispettivamente alla viabilità di servizio sterrata dell'area delle cave Scaglia (più a nord) e delle cave Campaccio (più a sud).

L'area in disponibilità alla Società è riportata nella Tavola 2 – Carta Catastale e comprende la concessione denominata Bacolaio nel comune di Minucciano (LU) definita con i seguenti mappali:

- Foglio 512 (Foglio n°12 sez.E) mappali 3132/p e 3135/p;

Gli interventi del presente progetto ricadranno esclusivamente all'interno del territorio compreso nel mappale 3132/p.

All'interno dell'area in concessione sono indicati anche i mappali 3534 e 3535 dello sesso foglio, ascrivibili a vecchi ruderi, non interessati da alcun intervento.

Maggiori dettagli sulla vincolistica sono all'interno della relazione allegata ai sensi della L.R. n°35/2015 ex art.17 comma 1 lett. b) ed all'interno del SIA (Studio di Impatto Ambientale), della relazione paesaggistica e dello studio di incidenza allegati al presente progetto.

3.0 - VINCOLISTICA

La cava ricade in un'area caratterizzata dalla presenza di vari fronti residui e da saggi eseguiti in un recente passato.

Il P.R.G. del comune di Minucciano come D3 destina l'area ad uso estrattivo; l'area è interna al territorio del Parco delle Alpi Apuane in una zona definita dallo stesso ente come "Zona di cava-area contigua L.R. 65/97, ex area A2"; è soggetta al Vincolo Idrogeologico R.D.L. 3267/1923 e s.m.i..

3.1 Inquadramento generale dei vincoli

Per un inquadramento generale è stata realizzata la Tavola 10 – Carta dei Vincoli Paesaggistici principali in scala 1:5.000, a cui si rimanda per inquadrare complessivamente l'area di intervento.

In particolare come desumibile dalla Tavola 10 allegata alla presente relazione sono stati perimetrati i limiti dei vincoli presenti nell'area di interesse, in particolare le aree facenti parte della Rete Natura 2000 ai sensi di quanto previsto dalla direttiva 92/43/CEE - Habitat e secondo quanto previsto dalla direttiva 79/409/CEE e s.m.i.:

- Zone di protezione speciali – SIC - ZPS;
- Siti di importanza comunitaria – SIC - SIR.

L'area, inoltre, è interamente sottoposta al Vincolo Idrogeologico ex RD n°3267/1923 e LRT n°39/200.

Considerando quindi la vincolistica sopra elencata si può affermare che l'area in studio:

- ricade in area contigua di cava esterna (ACC ex LR n°65/97 e s.m.i.) in cui è prevista l'attività estrattiva seppur con le limitazioni imposte dal PIT-PPR;
- l'area di intervento è esterna alle perimetrazioni SIC-ZPS o SIC – SIR; la porzione più occidentale e montana dell'area in disponibilità, che non sarà oggetto di coltivazione, ricade nel SIC-ZPS 23 - *Praterie primarie e secondarie delle Alpi Apuane e ZSC Valli glaciali di Orto di Donna e Solco di Equi.*
- Nell'area di cava o di un suo intorno significativo non risultano presenti edifici di notevole interesse pubblico;
- l'area di intervento è al di sotto dei 1200m;
- non interferisce con i limiti previsti per fiumi o torrenti;
- viene segnalata la presenza di boschi ma da documentazione fotografica e dallo Studio di Impatto Ambientale, si evidenzia che non è presente una copertura boschiva continua, e che le essenze ad alto fusto sono molto rade e tendono a scomparire in corrispondenza con l'affioramento dei marmi;
- l'intervento è in corrispondenza di un limitato dosso e non interferisce con creste o spartiacque di interesse paesaggistico vista la distanza con la cresta che collega il M.te Mirandola e il M.te Pisanino. Inoltre l'intervento sarà realizzato in corrispondenza di area già interessata da attività di cava;
- l'unico ingresso di grotta posto nelle vicinanze e la Buca del Pizzo (T/LU2053), posto a monte e ad Ovest dell'area di intervento, che però non risulta interferire, vista la distanza, la posizione e la conformazione della grotta, con l'intervento in oggetto.
- Non risultano inoltre presenti in un intorno significativo dell'area sorgenti o circhi glaciali o geositi.

Si evidenzia che le caratteristiche vegetazionali, paesaggistiche come anche eventuali condizioni di limitazione d'uso in riferimento alle risorse naturali e paesaggistiche stesse, nonché i criteri adottati per la salvaguardia dell'ambiente (mitigazioni, compensazioni, etc.) sono ampiamente descritti nel SIA – Studio di Impatto Ambientale, nella Relazione Paesaggistica e nello Studio di Incidenza,

documentazione di supporto al presente progetto.

3.2 P.A.B.E. Acquabianca – classi di pericolosità e fattibilità

Dall'esame delle normative vigenti in tema di assetto geologico-geotecnico, idrogeologico e idraulico si può rilevare come l'area in esame risulti classificata come di seguito per quanto riguarda il P.A.B.E. di Acqua Bianca:

Carta della pericolosità geologica e idraulica:

Classe G3a e G3b - *pericolosità geologica* ***elevata***;
Classe I1 – pericolosità idraulica bassa

Carta della pericolosità sismica: ***Classe S3a e S3b -*** *pericolosità sismica elevata*;

Carta del reticolo idraulico (L.R. 79/2012 e Del.C.R. 1357/2017): *l'area di intervento risulta posta ad una distanza superiore ai 10 m rispetto ai corsi d'acqua.*

Dalle cartografie a disposizione del P.A.B.E. non sono presenti in un intorno significativo dell'area in esame, e comunque non interferenti con il progetto, altri vincoli e limitazioni, tipo la presenza di geositi, ingressi grotte, sorgenti e creste di valore paesaggistico.

Per la definizione della fattibilità dell'intervento si fa riferimento alle N.T.G. e relativi abachi di correlazione pericolosità-fattibilità:

Definizione della fattibilità geomorfologica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F3 (G3) *– Fattibilità geomorfologica condizionata;*

"Nella classe di fattibilità FG3 caratterizzata da pericolosità geologica elevata è necessario rispettare i seguenti criteri generali:
a) la realizzazione di interventi che comportino trasformazione del territorio o nuove infrastrutture è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva o contestuale realizzazione degli eventuali interventi di messa in sicurezza;
b) gli eventuali interventi di messa in sicurezza, definiti sulla base di studi geologici, idrogeologici e geotecnici, devono comunque essere tali da:

- *non pregiudicare le condizioni di stabilità nelle aree adiacenti;*
- *non limitare la possibilità di realizzare interventi definitivi di stabilizzazione e prevenzione dei fenomeni;*
- *consentire la manutenzione delle opere di messa in sicurezza;*

c) in presenza di interventi di messa in sicurezza sono predisposti ed attivati gli opportuni sistemi di monitoraggio in relazione alla tipologia del dissesto;
d) l'avvenuta messa in sicurezza conseguente la realizzazione ed il collaudo delle opere di consolidamento, gli esiti positivi del sistema di monitoraggio attivato e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza, sono certificati;
e) possono essere realizzati quegli interventi per i quali venga dimostrato che non determinano condizioni di instabilità e che non modificano negativamente i processi geomorfologici presenti nell'area; della sussistenza di tali condizioni deve essere dato atto all'interno dell'autorizzazione."

Definizione della fattibilità idraulica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F1 (I1) *– Fattibilità idraulica senza particolari limitazioni;*

"Ai sensi del DPGR 53/R/2011, nelle situazioni caratterizzate da pericolosità idraulica bassa non è necessario indicare specifiche condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico."

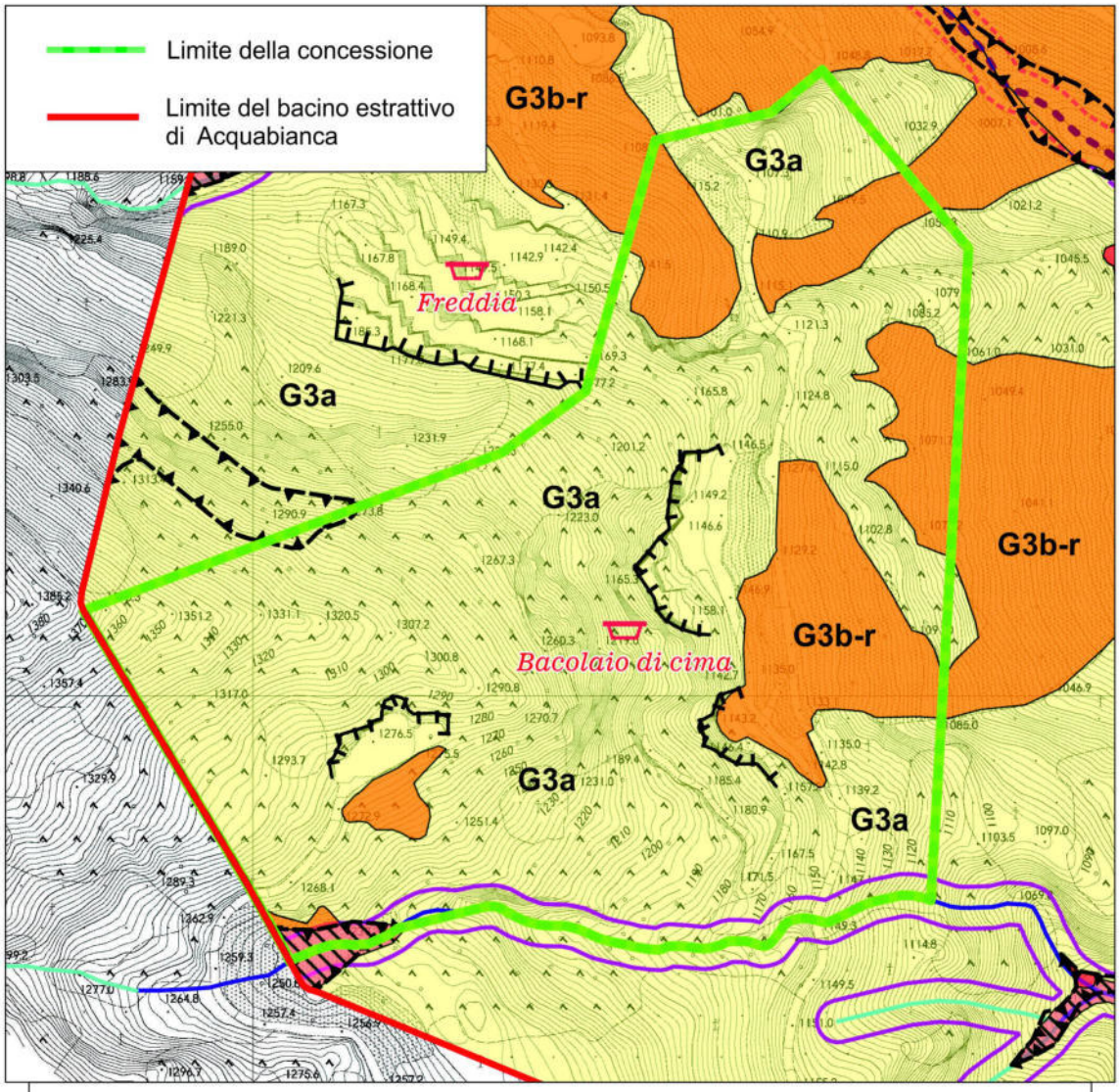
Definizione della fattibilità sismica

Forma di intervento – nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse

F3 (S3) *– Fattibilità sismica condizionata;*

"Nelle aree caratterizzate da una classe di fattibilità sismica FS3, secondo i disposti del DPGR 53/R/2011:
a) nel caso di interventi previsti dal Piano attuativo in zone suscettibili di instabilità di versante quiescente e per le aree caratterizzate da coperture detritiche artificiali (ravaneti) o naturali, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (art. 35), devono essere realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica, con particolare riferimento al contrasto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. Per tali indagini devono essere impiegate metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello del corpo detritico al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo o dell'andamento del substrato. Nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, è opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette, ove possibile, con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Per i ravaneti, le analisi devono essere finalizzate a determinare le caratteristiche granulometriche, il comportamento (clasto sostenuto, matrice sostenuto, etc.), la presenza di fine e le caratteristiche geomeccaniche più significative ai fini delle successive verifiche. L'estensione delle indagini deve essere stabilità sulla base anche dell'importanza dell'intervento;
b) nel caso di trasformazioni in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisicomeccaniche significativamente diverse (vedi ravaneti) e in presenza di aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, deve essere realizzata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica; è opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche dirette, ove possibile;
c) per le verifiche di stabilità dei cinematismi in roccia (fronti e tecchie a cielo aperto – sotterranei), per le verifiche di stabilità dei versanti, per la valutazione della capacità portante dei terreni in caso di installazione di macchinari, realizzazione fabbricati di supporto, etc. l'azione sismica deve essere determinata secondo quanto previsto nelle NTC vigenti."

Fig.1 - Estratto carta della pericolosità geologica e idraulica del P.A.B.E. di Acquabianca - scala 1:2.000



Classe G3a - pericolosità geologica elevata (classe P1 e P2 - art. 14 Norme P.A.I.)

Classe G3b - pericolosità geologica elevata (classe P3 - art. 13 Norme P.A.I)
(**G3b-r** - depositi detritici artificiali: **G3b-c** - depositi eluvio-colluviali)

Classe G3c - pericolosità geologica elevata (classe P4 - art. 22 bis Norme P.A.I.)

Classe G4 - pericolosità geologica molto elevata (classe P4 - art. 12 Norme P.A.I.)

Perimetrazioni in classe P4 del P.A.I. Aut. Bac. Serchio

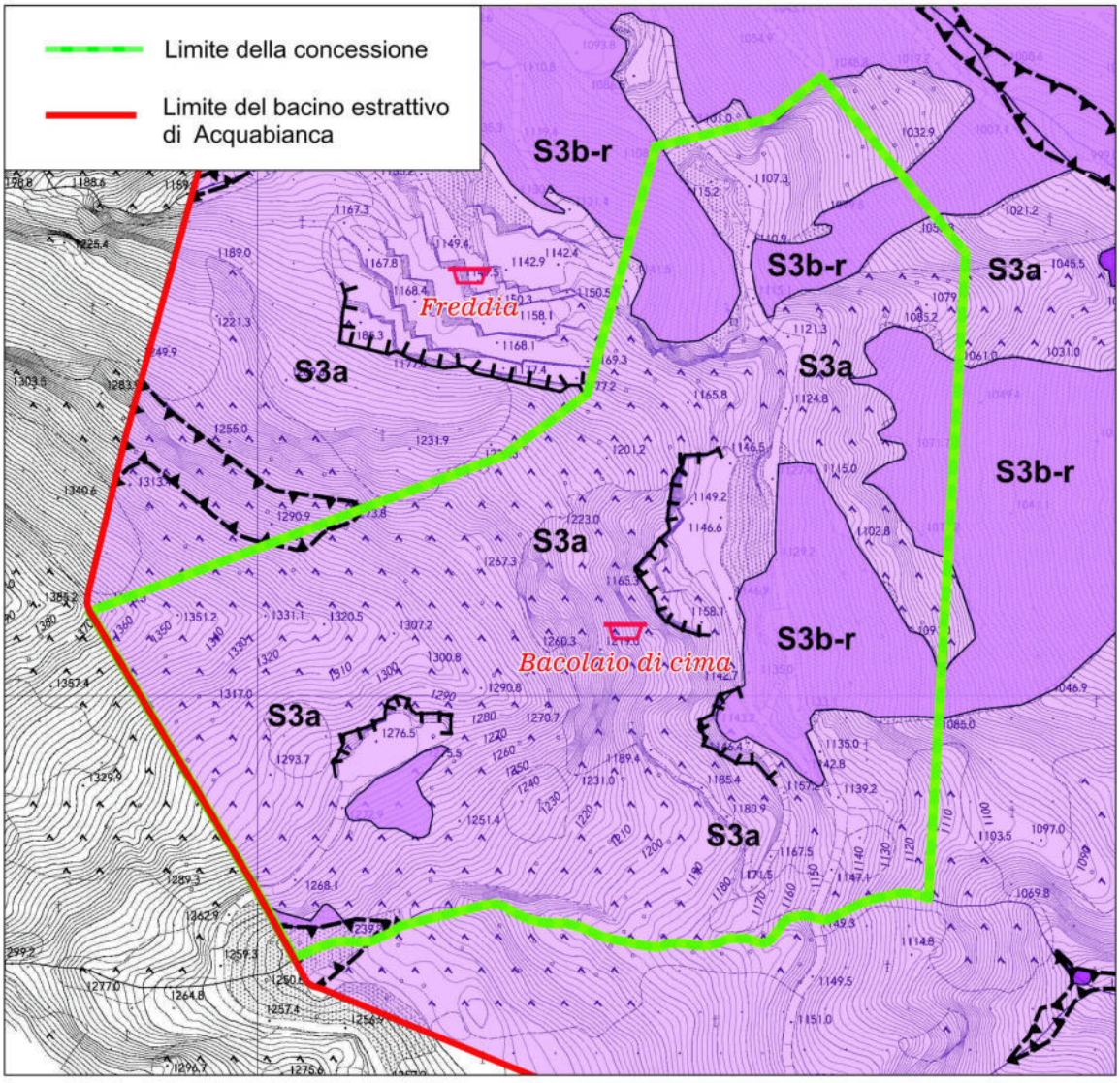
Classi di pericolosità idraulica

Classe I4 - pericolosità idraulica elevata

fascia di rispetto assoluta del reticolo idrografico principale
(L.R. 79/2012 e Del. C.R. 1357/2017)buffer di 10 m

fascia di rispetto assoluta relativa al reticolo idrografico principale e non rilevabile per deflusso sotterraneo privo di opere artificiali - buffer di 10 m

Fig.2 - Estratto carta della pericolosità sismica del P.A.B.E. di Acquabianca - scala 1:2.000



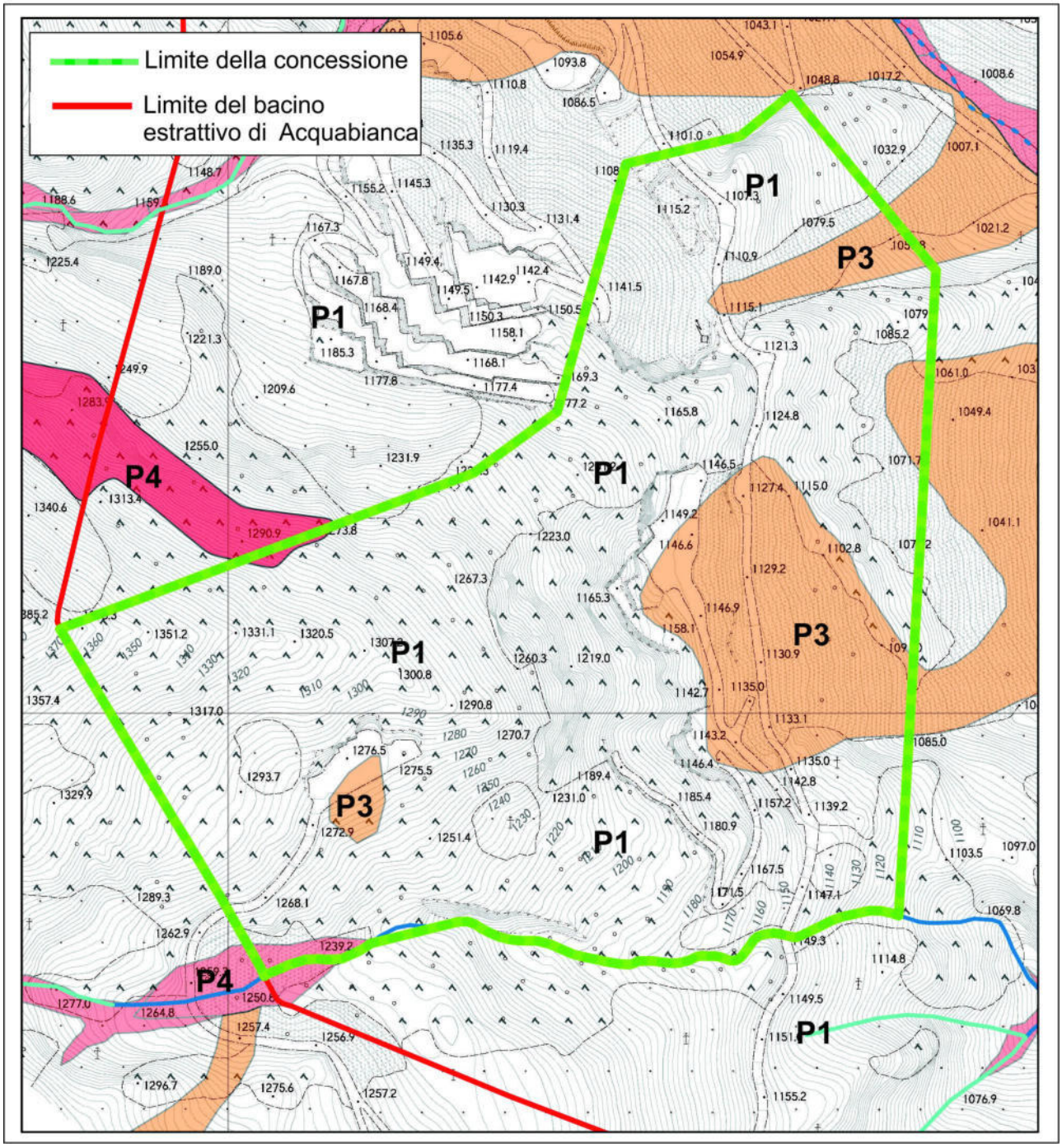
Classi di pericolosità

Classe S3a - pericolosità sismica elevata

Classe S3b - pericolosità sismica elevata.
(**S3b-r** - depositi detritici artificiali: **S3b-c** - depositi eluvio-colluviali)

Classe S4 - pericolosità sismica molto elevata

Fig.3 - Estratto carta della pericolosità geologica del P.A.I. - scala 1:2.000



3.3.- Piano Assetto Idrogeologico Autorità Bacino F. Serchio

L'intervento è posto in un contesto montano e pertanto sono state visionate le carte della franosità del Bacino del F. Serchio dalla quale si evidenzia come la zona in oggetto ricada, per la quasi totalità in classe P1 - AREE DI MEDIA STABILITÀ, con sporadici e locali indizi di instabilità e AREE STABILI assenza di frane attive e quiescenti (Norma: art. 15); solo la una porzione della parte di valle della concessione, in prossimità di ravaneti esistenti, è presente una classe P3 – a pericolosità geomorfologica elevata per la presenza di terreni detritici su versanti acclivi (art.13 Norme P.A.I.).

Si fa notare, comunque, che la perimetrazione della classe P3 per terreni detritici acclivi, ossia del ravaneto sottostante la Cava del Bacolaio, non è fedele allo stato attuale del luogo in quanto il P.A.I. ha utilizzato una cartografia di base in scala 1:10.000 (Carta Tecnica Regionale), mentre le cartografie utilizzate per il presente piano oltre ad essere più recenti hanno un maggiore dettaglio (scala 1:2.000 e 1:500) e hanno permesso una perimetrazione dei corpi detritici più fedele alla condizione attuale dei luoghi (si veda la differenza tra i perimetri della classe P3 e G3br della fig.3 e fig.1).

Inoltre, la strada di servizio di bacino, che passa poco a valle della Cava Bacolaio è interamente impostata su roccia e quindi separa fisicamente in due parti il sottostante ravaneto; le due parti di ravaneto sono distinte anche dal punto di vista morfologico in quanto il ravaneto a monte della strada presenta una minore predisposizione a fenomeni di instabilità a causa della minore estensione, ridotti spessori e minore acclività media, mentre la porzione di ravaneto posta a valle oltre ad essere molto più estesa è caratterizzata da maggiori spessori e maggiore acclività media.

Dal punto di vista idraulico, l'area rimane esterna alla classificazione della pericolosità idraulica.

Si sottolinea che il presente piano di coltivazione non prevede alcun intervento di carattere edile

3.4.- P.G.R.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale

Essendo la zona in un contesto montano, rimane esterna alle perimetrazioni del Piano di Gestione Rischio Alluvioni dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale.

3.5.- P.G.A. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale

Si attesta che nell'area in oggetto del presente piano di coltivazione non sono stati individuati sorgenti e corsi d'acqua che possano interferire con le lavorazioni previste.

I corsi d'acqua risultano distanti e non interferenti con l'area di progetto.

Sono previsti comunque una serie di accorgimenti atti a non causare alterazioni dello stato ambientale delle acque superficiali afferenti al Rio Ventagio posto più a Ovest e più a Sud rispetto all'area di intervento; per un maggior dettaglio si rimanda alla relazione di piano allegata al progetto e alla relazione geologica (vedi cap. 8.4)

Agli stessi capitoli summenzionati, si rimanda anche per quanto riguarda la conservazione dello stato di qualità del corpo idrico sotterraneo, segnalato con stato ecologico buono dalle carte dell'Autorità di Bacino.

Si ricorda a tal proposito che non sono stati rilevati in zona ingressi di grotte (per dettagli vedi cap. 4.3 della relazione geologica) che possano interferire con il presente progetto; comunque saranno messi in atto una serie di accorgimenti atti a non intaccare lo stato ecologico del corpo idrico sotterraneo

Si sottolinea, infine, che il più vicino corso d'acqua classificato è il Rio Ventagio che è segnalato comunque come un corso d'acqua non a rischio e con stato ecologico buono.

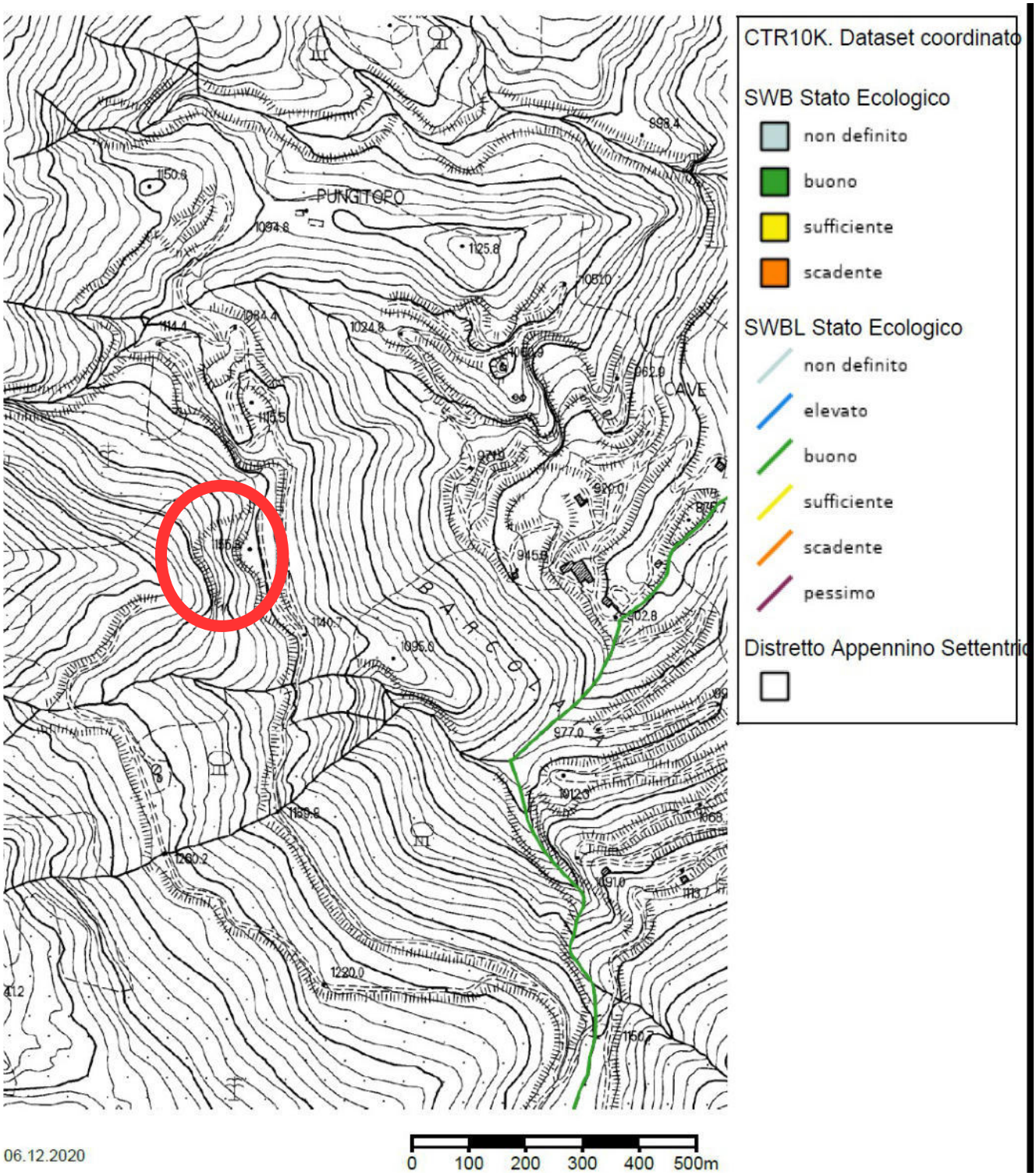


Fig. 4 – estratto P.G.A. Carta corpi idrici superficiali

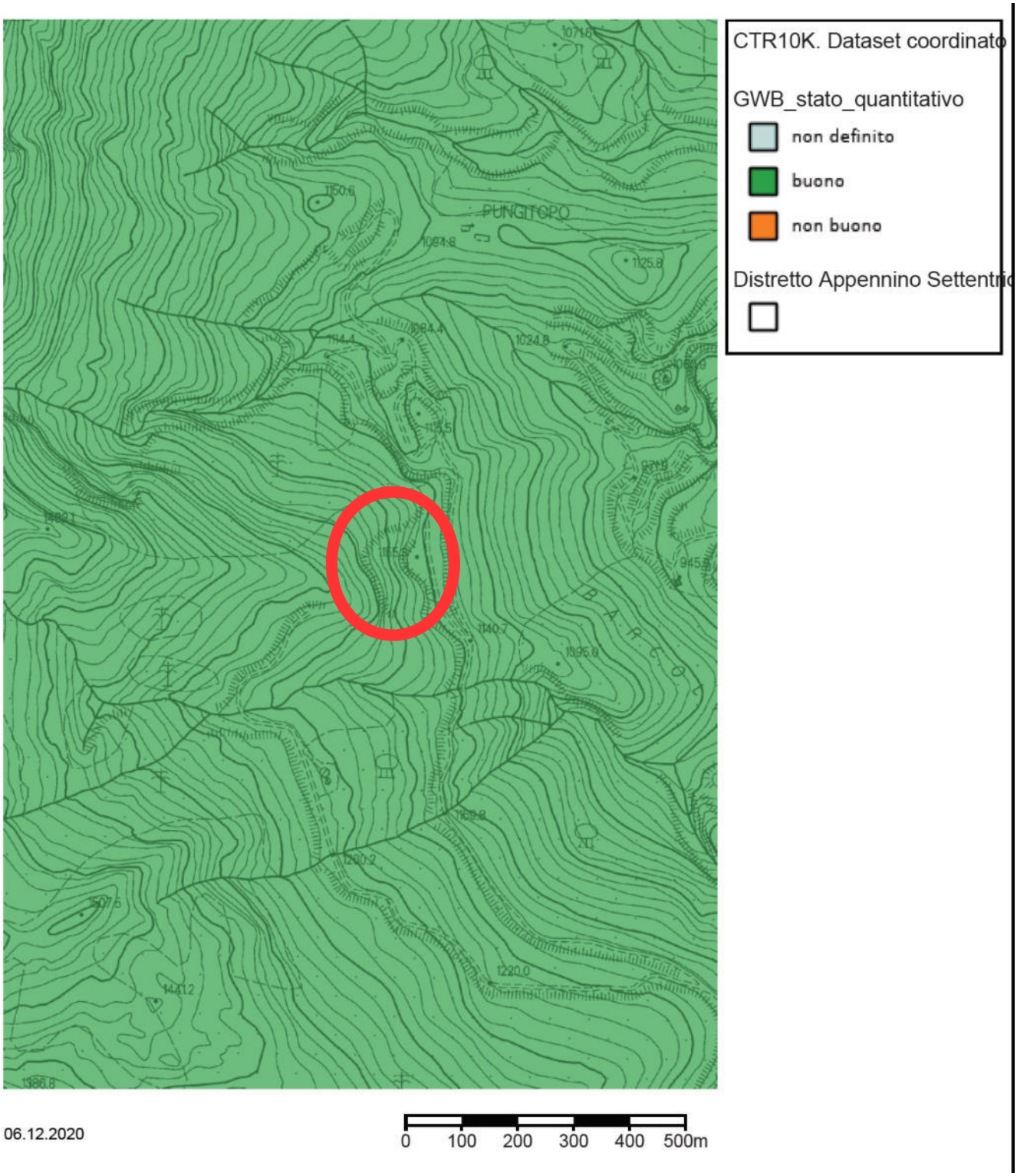


Fig. 5 – Estratto P.G.A. Carta corpi idrici sotterranei

3.6. - Linee guida in materia di "ravaneti", approvate con Determinazione del Direttore del Parco n. 65 del 08.07.2019."

Sono innanzitutto state visionate le cartografie di supporto alla gestione dei ravaneti ossia la carta geomorfologica dei ravaneti e la carta per la pianificazione della gestione dei ravaneti.

Dalla carta geomorfologica dei ravaneti (fig.6) si evidenzia come all'interno della concessione del Bacolaio siano presenti alcuni ravaneti di limitata estensione posti all'estremità orientale e settentrionale della cava.

E' presente anche un piccolo ravaneto nella parte orientale della concessione legato ad una cava posta alla quota di 1275 m s.l.m

Si evidenzia che i ravaneti che ricadono nella concessione sono di varia tipologia e comunque con una vegetazione assente o quasi; i ravaneti sono legati allo sfruttamento delle cava Bacolaio e Freddia.

Nella carta di gestione dei ravaneti (fig.7), si osserva come la parte di ravaneto a monte della strada di servizio al bacino sia considerata come non asportabile, mentre la parte di ravaneto a valle della strada sia considerata potenzialmente asportabile ma da sottoporre a verifica; non asportabili sono anche i piccoli ravaneti posti nella parte alta e occidentale della concessione.

In estrema sintesi, la legenda della Carta per la pianificazione della gestione fa riferimento a tre categorie di classificazione/raggruppamento dei "ravaneti", qui di seguito esplicitate:

a) "ravaneti" non asportabili;
b) "ravaneti" con asportazione da sottoporre a verifica di dettaglio;
c) "ravaneti" asportabili.

Per prima cosa, i termini "asportabile" e "asportazione" comprende anche le azioni descritte dalle direttive come "prelievo" e "movimentazione", poiché ritenuti nel complesso sinonimi tra di loro o, comunque, contrari all'intangibilità rappresentata dalla prima categoria di classificazione/raggruppamento.

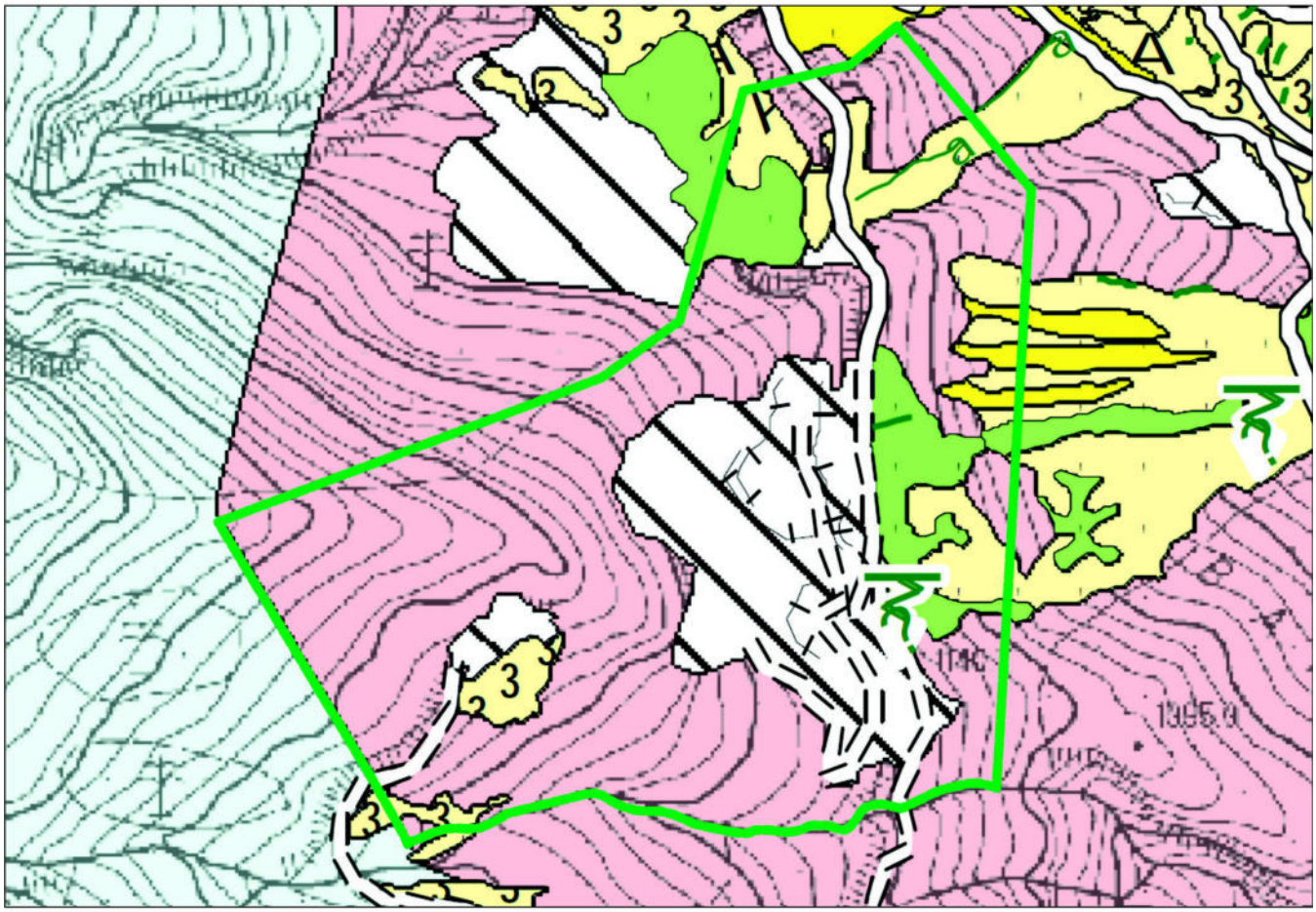
Inoltre, le indicazioni così nette riguardo all'asportabilità dei "ravaneti" – contenute nell'estrema sintesi espressiva della legenda – hanno in realtà un valore indicativo e relativo sia in senso vincolistico, sia nell'opposta direzione della possibilità di intervenire, tenuto conto della scala media della *Carta per la pianificazione della gestione* e della necessità di un suo controllo nel dettaglio di ogni progetto di coltivazione e relativo studio d'impatto ambientale.

Va sempre considerato che questo tipo di interventi – soprattutto a carico di "ravaneti" di non recente formazione – sottostanno strettamente al principio di precauzione, per cui **non si deve intervenire se non dopo aver dimostrato, da parte del proponente, l'inesistenza o la non rilevanza di eventuali impatti conseguenti sulle componenti ambientali e paesaggistiche**, fatti sempre salvi gli interventi per garantire la stabilità dei depositi e la sicurezza nei luoghi di lavoro.

La *Carta per la pianificazione della gestione* non disegna i limiti di un vincolo assoluto, ma informa sulla sua presumibile esistenza, il cui effettivo accertamento è rimesso ai contenuti dei progetti di coltivazione all'interno del procedimento di pronuncia di compatibilità ambientale, approfondendo le conoscenze ed utilizzando i metodi della *Carta*.

Per quanto riguarda i "ravaneti" non asportabili deve essere prodotta una analisi articolata ed approfondita, da restituire all'interno di uno specifico allegato dello studio d'impatto ambientale, in cui dimostrare in maniera compiuta l'assenza delle condizioni prescrittive individuate nelle direttive emanate dal Consiglio direttivo, oppure la presenza di significative situazioni di dissesto o, comunque, di instabilità nei "ravaneti", non messe in luce dalle *Carte* allegate alle presenti *linee guida*.

FIGURA 6 - Carta geomorfologica dei ravaneti nel Parco/Geoparco delle Alpi Apuane redatta in scala 1:25.000



Legenda *ILegend*

Limite concessione Bacolaio

Forme e depositi di origine antropica
Man-made landforms and deposits

Forme di erosione
Erosional landforms

Attivo *Active* / Non attivo *Inactive*

- Fronte di escavazione — *Quarry front*
- Saggio di cava — *Quarry test*
- Traccia canale di discarica — *Dumping channel track*
- Cava antica — *Ancient quarry*
- Area di escavazione — *Quarry exploitation area*
- Area di escavazione con specchio d'acqua — *Quarry exploitation area with water*
- Piazzale di cava — *Quarry yard*
- Ravaneto asportato — *Quarry dump exploited*

Forme di accumulo e di costruzione
Constructional landforms and deposits

Ravaneti
Quarry dump deposits

Tessitura * *Texture*

Fine *Small* | Media *Medium* | Grossolana *Coarse*

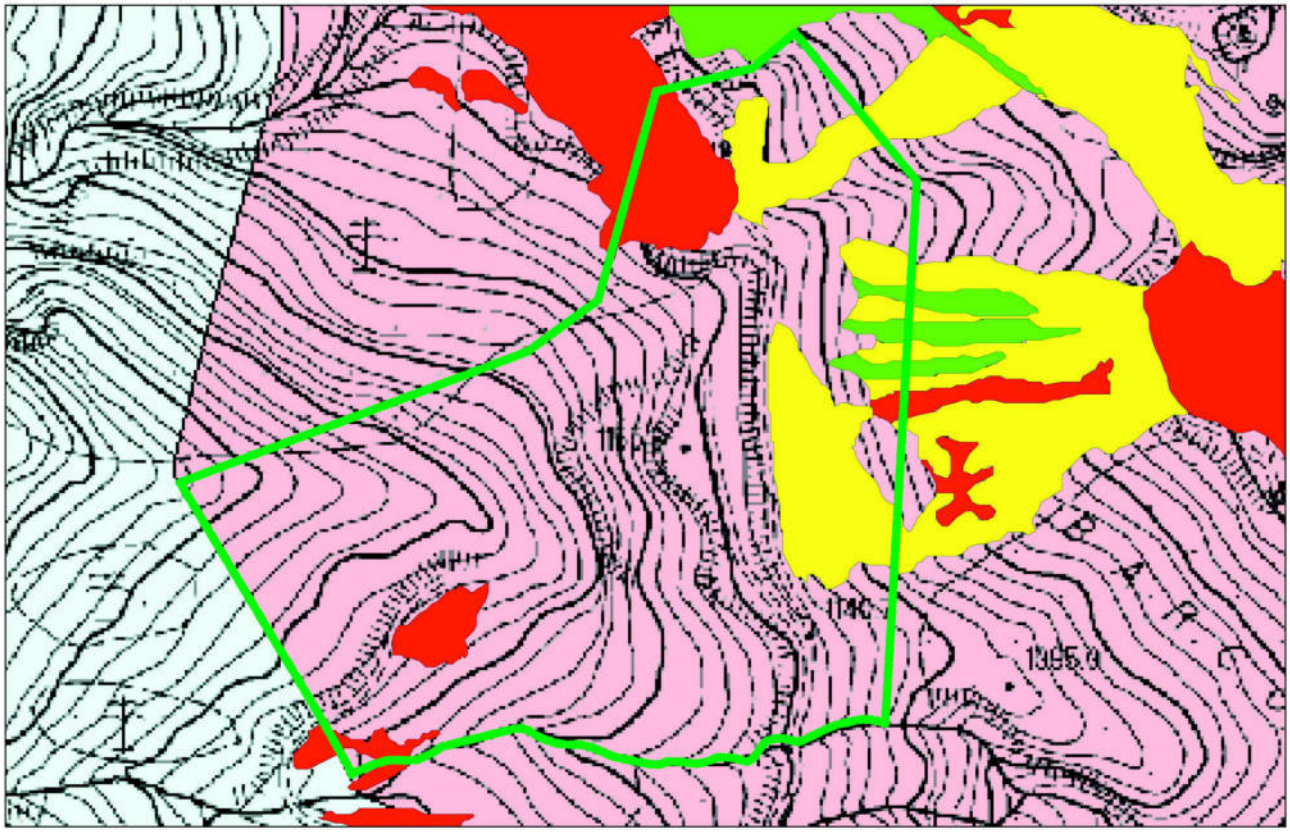
* La tessitura non è indicata quando non è determinabile
Texture is not indicated where not determinable

Alterazione superficiale e copertura vegetale
Superficial weathering and vegetal cover

Superficie non vegetata *Unvegetated surface*: Clasti non ossidati *Unweathered clasts* | Clasti ossidati *Weathered clasts*

Superficie vegetata *Vegetated surface*: Copertura erbacea *Grass cover* | Copertura arbustiva *Shrubs cover* | Copertura arborea *Trees cover*

FIGURA 7 - Carta per la pianificazione della gestione dei ravaneti nel Parco/Geoparco delle Alpi Apuane redatta in scala 1:25.000



Legenda /*Legend*

Limite concessione Bacolaio

Ravaneti non asportabili
Potentially not removable quarry dump deposits

Ravaneti con potenziale asportazione da sottoporre a verifiche di dettaglio
Quarry dump deposts potentially removable to be subjected to detailed verification

Ravaneti potenzialmente asportabili
Potentially removable quarry dump deposits

Aree interne al Parco/Geoparco
Park/Geopark internal areas

Aree estrattive e PRAER*
*Quarrying areas and PRAER**

Area del Parco
Park area

Aree contigue e centri edificati interclusi
Surrounding areas and villages within Park/Geopark boundaries

3.7. - Analisi delle caratteristiche dei depositi detritici presenti in cava

Si premette che la cartografia redatta per la gestione dei ravaneti non risulta coerente con lo stato di fatto della cava, in quanto redatta su scala 1:20.000 usando il C.T.R. Della Regione Toscana, mentre per il presente piano vi sono cartografie più dettagliate come quella in scala 1:2.000 utilizzata per la redazione del PABE e in scala 1:500 per la realizzazione del presente progetto. La distribuzione dei ravaneti all'interno della concessione è ben visibile nelle tavole allegate al progetto con riferimento in particolare alla tavola 7, carta geomorfologica, e risulta differente a quanto contenuto nelle cartografie del Parco.

Nella carta di gestione dei ravaneti (fig.7), si osserva come la parte di ravaneto a monte della strada di servizio al bacino sia considerata come non asportabile, mentre la parte di ravaneto a valle della strada sia considerata potenzialmente asportabile ma da sottoporre a verifica.

Tale distinzione va però in contrasto con quanto contenuto nel PABE di Acquabianca che distingue i ravaneti in maniera completamente opposta, ossia considera i ravaneti posti a valle della viabilità di bacino come ravaneti storici, quindi che hanno subito una ossidazione, e sono considerati non modificabili (vedi Tavola 7 – carta geomorfologica); su tali ravaneti è visibile, sebbene rada, anche una vegetazione pioniera. Vengono considerati, invece, i ravaneti a monte della strada di servizio al bacino come potenzialmente asportabili in quanto non ossidati e privi di vegetazione.

Tale distinzione è ben chiara nelle sottostanti figure 8 e 9, dove è visibile lo stato di ossidazione della porzione di ravaneto sotto strada, mentre la porzione di ravaneto a monte della strada non mostra alcuna ossidazione in quanto costituito da un deposito molto più recente.

In considerazione del progetto, in sintesi, la porzione di ravaneto sotto la strada di servizio al bacino non sarà modificata in quanto lo sviluppo del cantiere sarà esclusivamente a monte della viabilità; non saranno modificati nemmeno i piccoli ravaneti posti nella parte alta e occidentale della concessione.

Il progetto invece, si svilupperà a cielo aperto ed a monte della viabilità di servizio di bacino e quindi interesserà una porzione del ravaneto che ricade all'interno della concessione e che è posizionato a monte della viabilità, ossia il ravaneto evidenziato in blu della figura 8 sottostante e in rosso nella figura 9.

Su questo ravaneto, considerato non asportabile sulle cartografie del parco, si può asserire in sintesi:

- all'interno del PABE di Acquabianca il ravaneto non è considerato storico;
- ravaneti storici sono presenti a valle della viabilità di servizio di bacino e mostrano una evidente ossidazione ed uno sviluppo di una vegetazione pioniera;
- la porzione di ravaneto a monte della strada e che sarà interessata dal presente progetto non presenta alcuna ossidazione e nessuna vegetazione, oltretutto ha una età molto più recente rispetto ai ravaneti circostanti;
- la porzione del ravaneto a monte della viabilità inoltre, mostra caratteristiche granulometriche differenti in quanto costituito da una pezzatura grossolana, con presenza di numerosi blocchi a differenza dei ravaneti storici che mostrano una pezzatura più piccola.

In conclusione dalle analisi condotte, il ravaneto presente all'interno della concessione e che sarà interessato dallo sviluppo del progetto, risulta asportabile in quanto non presenta alcuna caratteristica peculiare per il loro mantenimento quali ossidazione, presenza di vegetazione o presenza di reperti di archeologia industriale (*bastionature, muri a secco, piani inclinati, vie di lizza, sentieri, antichi macchinari, ecc.)* come peraltro ben visibile delle figure 8 e 9 sottostanti.

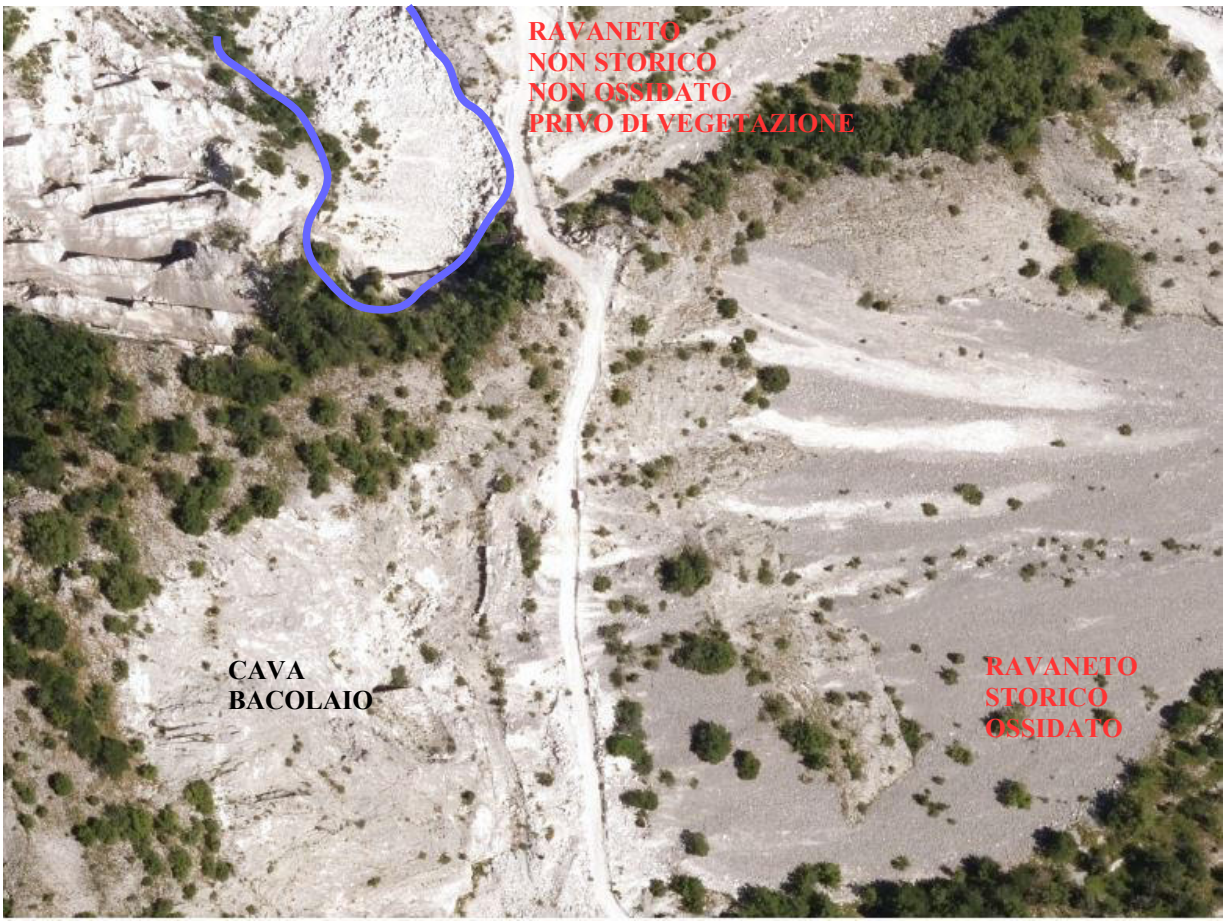


Fig. 8 – foto aerea effettuata per il PABE Acquabianca dove è ben visibile la differenza tra il ravaneto considerato storico posto a valle della viabilità di bacino che mostra una ossidazione e anche una rara vegetazione pioniera, e la porzione di ravaneto a monte della strada, nella parte superiore della foto, che non mostra alcuna ossidazione e risulta priva di vegetazione (area in blu)

Fig.9 – foto dove è ben visibile la porzione di ravaneto interessata dal progetto (evidenziata con linea tratteggiata rossa) che mostra nessuna ossidazione, assenza di vegetazione e tessitura diversa rispetto al ravaneto storico visibile sulla sinistra della foto

4.0 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

4.1 Forme derivanti da attività glaciale e pluvio-fluviale

La situazione geomorfologia generale dell'area studiata e di un suo intorno significativo, rispecchia direttamente l'impalcatura stratigrafica e le caratteristiche geomeccaniche e chimico-mineralogiche delle formazioni affioranti (figura 10).

Il sito estrattivo è ubicato in destra orografica del Fosso Acqua Bianca immissario di destra del Fiume Serchio ed asta idrica principale, a carattere perenne, dell'estrema vallata di Gorfigliano, in cui vengono recapitati i fossi ed i canali secondari della zona.

La complessità strutturale dell'area, con pieghe isoclinali sovrapposte, fa si che si verifichino forti contrasti morfologici tra le creste e le aree più dolci ed arrotondate caratterizzate da affioramenti di terreni scistoso-arenacei con copertura vegetazionale di tipo mediterraneo.

La vetta più alta rappresentata dal M. te Pisanino che sfiora i 2000m costituisce insieme alle vette minori del M. te. Mirandola, Pizzo Maggiore, Pizzo Altare e M. te Cavallo lo spartiacque principale che corre in forma leggermente arcuata, con concavità rivolta verso NE.

Le creste secondarie, disposte trasversalmente alla dorsale principale, formano una serie di bacini displuviali in cui confluiscono i ripidi canaloni.

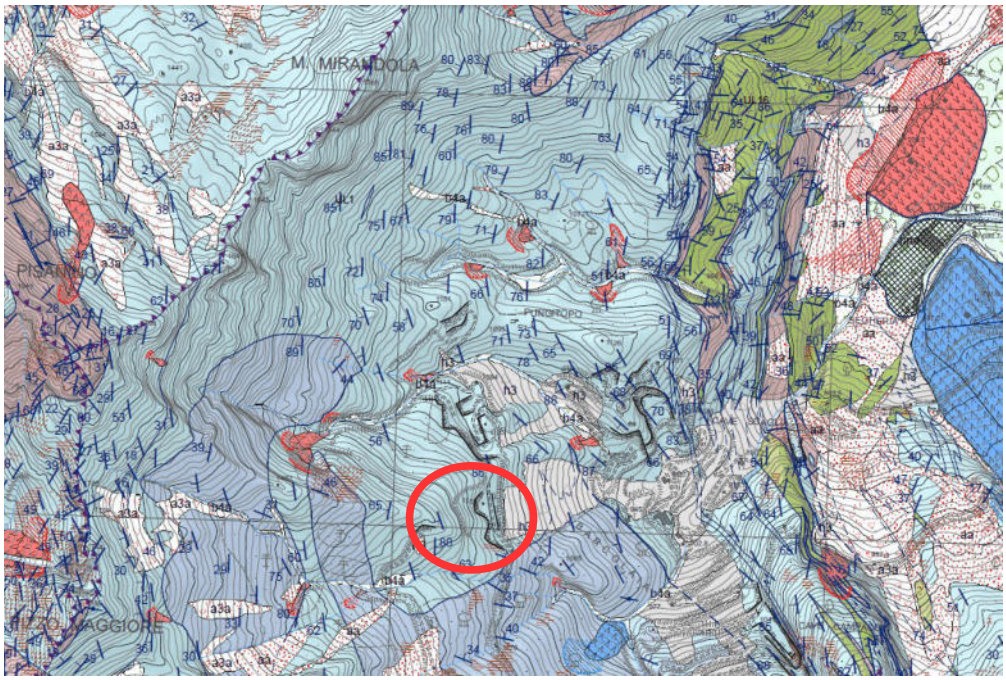


Figura 10: stralcio carta geomorfologica "accordo di attività di ricerca Regione Toscana – CGT – Lamma 2012" in scala 1:10.000.

Le cime maggiori, a causa della loro natura calcareo-dolomitica presentano una scarsa copertura vegetazionale, con creste affilate delimitate da pendii ripidi e pareti alte fino a 600-700 m.

Verso NE le aspre ed articolate forme del massiccio metamorfico apuano (M.te. Pisanino M.te. Mirandola) lasciano il posto, in modo brusco attraverso una fascia di faglie ad alto angolo disposte NW-SE, a morfologie più dolci caratterizzate dai litotipi delle successioni Liguri e Toscana (zona di Gorfigliano, M.te. Calamaio).

La valle dell'Acqua Bianca, zona di raccordo tra queste due realtà morfogenetiche differenti, presenta una estesa pianura in direzione SW-NE che si protrae fino a Gramolazzo.

Tutta l'area è caratterizzata da un'originaria morfologia glaciale, con valli mediamente ampie, a forma di "U", su cui si è impostata una morfologia di tipo pluvio-fluviale, che ha dato luogo nelle rocce carbonatiche a valli secondarie, a "V", con versanti ripidi (inclinazioni superiori a 45-50°), con balze in alcuni punti notevoli e torrioni. Anche nell'area di studio sono ben visibili torrioni e incisioni che interferiscono con le più antiche forme arrotondate derivanti dall'attività glaciale.

Il materiale derivante dall'alterazione criogenica, costituita da depositi conglomeratici o ghiaiosi poco selezionati ricchi di matrice; si è prevalentemente accumulato ai piedi di queste aree ad elevata acclività generando depositi detritici di falda, con evidenti rotture di pendio e diminuzione generale della pendenza.

Alluvioni fluviali organizzate in diversi ordini di terrazzi sono visibili lungo il fondovalle o a mezza costa lungo i rilievi.

4.2 Forme derivanti da attività carsica

Gli ammassi rocciosi carbonatici che costituiscono il comparto garfagnino sono solitamente caratterizzati da numerose forme carsiche, sia epigee come le doline che ipogee come ad esempio buche, grotte, ecc..

Proprio per la sua genesi, il carsismo interessa frequentemente i giacimenti marmiferi apuani.

Nell'area di cava, non sono state rilevate forme carsiche importanti o evidenti quali inghiottitoi o fratture fortemente carsificate, ad eccezione delle aree più fratturate dove l'azione dell'acqua è stata più intensa. Limitati segni di questa attività sono riconoscibili in corrispondenza di quelle fratture che presentano segni di spalmature o limitata carsificazione delle pareti (es. concrezioni).

Nella carta idrogeologica (Tav.6) sono state riportate le principali forme carsiche censite in un intorno significativo nell'area studiata.

In particolare all'interno dell'area contigua di cava (ACC, 1997) che delimita il bacino di Acquabianca, sono presenti due ingressi di grotte, una situata ad Nord/Est dell'area in studio censita con la sigla T/LU 446 "Buca del Pungitopo" e l'altra ad Est dell'area stessa, presso il sito estrattivo delle cave Campaccio con sigla T/LU 1027 "Buca dell'Aria Ghiaccia".

La "Buca del Pungitopo" si presenta come una cavità assorbente con morfologia a pozzo con un dislivello di circa 59m ed una estensione di circa 30 m.

La "Buca dell'Aria Ghiaccia" rappresenta, assieme all'Abisso Roversi, all'abisso Saragato ed all'abisso Chimera, uno degli elementi carsici importanti dell'intero settore delle Apuane; in base a studi idrogeologici condotti fino ad ora emerge infatti che tale cavità fa parte delle idrostrutture che guidano le direzioni di flusso verso NW fino alla sorgente di Equi.

La "Buca dell'Aria Ghiaccia" comunque è posta a debita distanza dall'area di intervento (oltre 500 ml) è pertanto si possono escludere interferenze con essa.

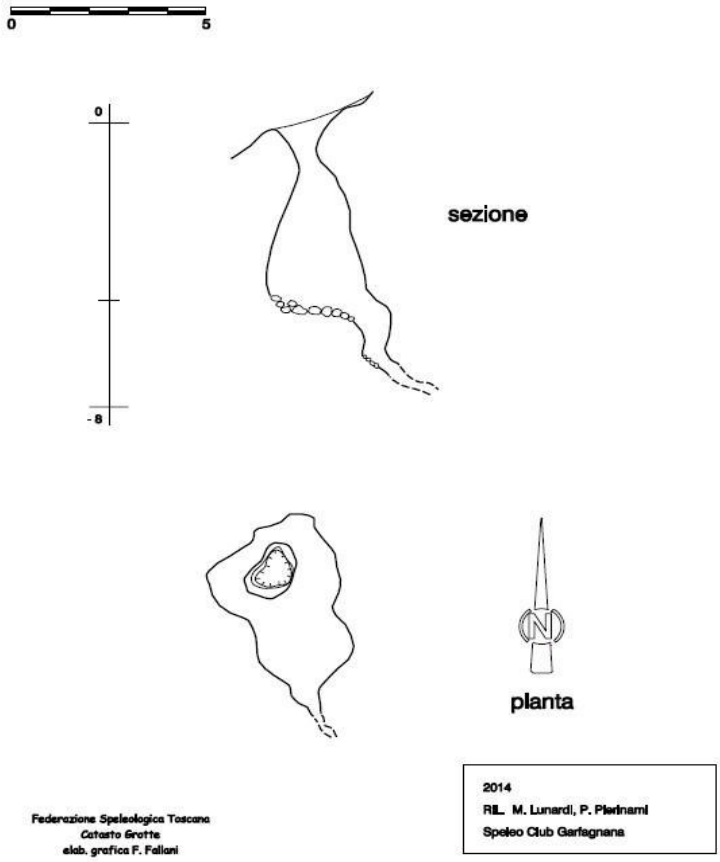


Figura 11: sviluppo planimetrico della Buca del Pizzo.

Sono presenti all'interno del Bacino Estrattivo e nella sua prossimità, altre grotte minori con sviluppo planialtimetrico limitato; una di queste grotte è la Buca del Pizzo (vedi fig.11) posta a monte e ad W/NW della Cava Bacolaio. La grotta, sebbene sia posta a monte dell'area di progetto, si può escludere che possa interferire con la coltivazione di progetto in quanto dai dati a disposizione, prelevati sul sito della Regione Toscana *"geoscopio*", ha uno sviluppo limitato, con una altezza di soli 8 metri ed uno sviluppo complessivo di soli 9 metri.

Dalla planimetria della grotta, inoltre, si nota come la cavità tende a svilupparsi in direzione Sud, allontanandosi dall'area di progetto.

In base all'osservazione della carta che definisce la distribuzione spaziale di tali cavità carsiche ed in base al rilievo morfologico delle stesse si può affermare che il sito estrattivo sia per distanza che per posizione morfologica, ha collocazione esterna rispetto alle macroforme censite e rilevate e che quindi non interferisce con esse.

4.3 Forme derivanti da attività antropica

L'azione antropica ha interessato le formazioni carbonatiche affioranti lungo i versanti che corrono dal M.te. Pisanino al M.te. Mirandola, precisamente quella dei "*marmi s.s.*", dove si possono riconoscere aree interessate dalla coltivazione effettuata in passato, saggi di ricerca e numerosi depositi detritici (*ravaneti*) conseguenti a queste attività.

La morfologia comune a tutte le cave è quella a cielo aperto, con coltivazione sviluppata sopratutto alla base del versante, meglio raggiungibile dalle infrastrutture, e solo in un passato più recente ha interessato anche le porzioni più sommitali. Le cave più alte sono state aperte in corrispondenza di livelli litologici di particolare pregio.

L'escavazione in genere è avvenuta dall'alto verso il basso con abbattimento di gradoni successivi e scarico dei detriti (al tempo non sfruttabili per varie ragioni) all'interno degli impluvi del

versante, creando interferenze con lo stesso.

I depositi artificiali risultano di limitata estensione se raffrontati ad altre realtà dell'area versiliese e garfagnina, anche se degni di nota.

I due maggiori dell'area sono rappresentati da quello della ex cava Campaccio e da quello delle cave Scaglia-Bardiglio.

In corrispondenza del ravaneto del Campaccio era in attività un intervento di gestione dello stesso che precedeva al termine degli interventi la parziali riduzione anche delle volumetrie presenti.

Il ravaneto della Scaglia-Bardiglio prevede come da progetto vigente l'inizio dell'attività di gestione dello stesso da parte della società scrivente che ha contratti in essere con la MIGRA per fornire il materiale, che ricordiamo essere di proprietà del comune di Minucciano.

Il deposito sul versante opposto del cantiere (lato cava Campaccio), ha interessato in passato il Fosso della Guerciaccia; in particolare l'attività condotta ha in parte ricoperto i litotipi carbonatici del substrato e mascherato l'originaria forma del canale. Si tratta di un deposito derivato da precedenti lavorazioni, iniziate probabilmente prima della II guerra mondiale con l'arrivo nell'area della Società Nord Carrara e poi con la Montecatini, che si è unito con quello creatosi a seguito dell'attività della cava Scaglia anch'essa iniziata prima della II Guerra mondiale.

Localmente l'attività delle cave Pisanino e Freddia hanno determinato il locale accumulo dei detriti di lavorazione all'interno della parte alta della fossa catastale della Guerciaccia, con interventi riferibili agli anni '60-'80, mentre a seguito della creazione della MI.GRA. i detriti sono stati man mano destinati ad attività di recupero interrompendo lo scarico all'interno di queste aree.

Come risulta dalla "*Carta delle tipologie merceologiche dei ravaneti*" – Convenzione carta giacimentologica – CGT – sezione 249070 (figura 12) il deposito classificato come HMN è essenzialmente di natura eterometrica costituito principalmente da pezzami e sassi, e da una certa quantità di materiale fine che conferisce al deposito una permeabilità media.

Nello specifico il ravaneto sottostante la cava Bacolaio risulta caratterizzato da un pezzatura medio-piccola ed uniforme del materiale detritico, segno di una frantumazione manuale dello stesso. L'ossidazione indica invece la su età; il ravaneto è stato classificato come storico e si ritiene in parte rinaturalizzato.

Il deposito indicato si sviluppa dalla viabilità di bacino, che degrada da sud verso nord, innestandosi nel fondovalle al ravaneto proveniente dal lato SW della cava Scaglia-Bardiglio; entrambi hanno interessato il talweg del canale della Guerciaccia. Il fondovalle è poi sede dell'ampio deposito detritico di diverse età e merceologie (dai bianchi ai bardigli), punto di incontro del materiale man mano scaricato dalle principali unità estrattive dell'area.

All'interno del sito, sui bordi dei piazzali ed in parte quale costituente degli stessi, è presente materiale detritico, con pezzatura anche ciclopica e chiaramente riferibile ad epoche più recenti.

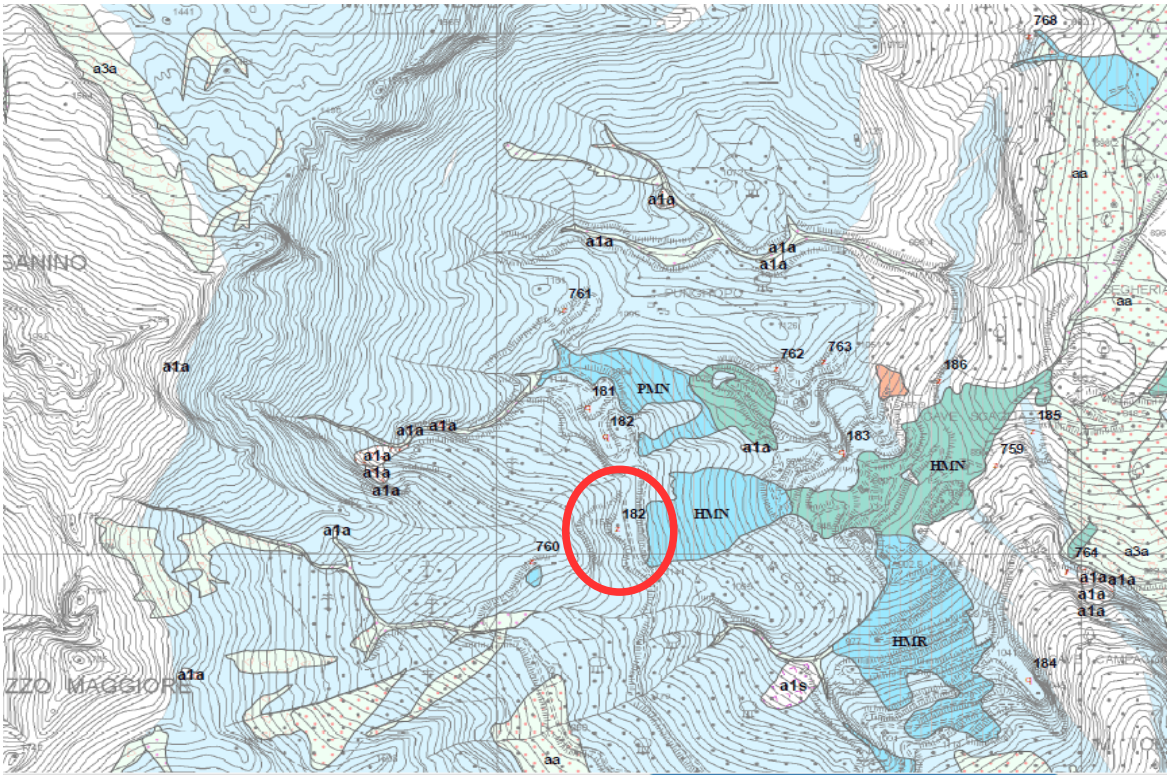


Figura 12: stralcio sezione 249070 – Carta delle tipologie merceologiche dei ravaneti – scala 1:10.000

LITOTIPO

Bianchi
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo bianco

Grigi
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo grigio

Colorati
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmi brecciati in matrice filladica

Cipollini
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di marmo cipollino

Dolomia
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di dolomia

Pietra del Cardoso
Ravaneti costituiti prevalentemente da blocchi di Pietra del Cardoso

Legenda:

ATTIVITA'

Attivi
Ravaneti che sono sede di discarica attiva.

Inattivi
Ravaneti che mostrano un'attività recentemente dismessa.

Vecchi
Ravaneti che mostrano un'attività dismessa da molti anni (ravaneti vecchi) e/o di presentano un valore estetico quali l'accatastamento manuale che conferisce loro l'aspetto di muro a secco (ravaneti storico/artistici).

GRANULOMETRIA

I **Informi** — Clasti di dimensione maggiore di 1mc
P **Pezzame** — Clasti di dimensione media tra 1m e 30 cm
C **Sassi** — Clasti di dimensione media tra 30 cm e 5 cm
E **Misto** — Pezzame costituito da tre o più classi granulometriche
H **Pezzame e sassi** — Pezzame e sassi prevalenti

PERMEABILITA'

L **Alta** — Permeabilità elevata per netta prevalenza di blocchi grossolani
M **Media** — Permeabilità media per la presenza di quantità apprezzabili di materiali più fini
B **Bassa** — Permeabilità bassa per la presenza di più classi granulometriche

PRELIEVO

R **Prelievo in atto** — Al momento del rilievo è in atto attività di prelievo
N **Nessun prelievo** — Al momento del rilevamento non è in atto attività di prelievo

5.0 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI E LOCALI DELL'AREA

5.1 Inquadramento Tettonico dell'Area

La strutturazione dell'Appennino Settentrionale è la conseguenza della storia deformativa terziaria che ha interessato l'area dell'attuale Mediterraneo Occidentale.
La letteratura distingue due fasi principali in base alle rispettive peculiarità: la prima fase detta D1 a carattere compressivo e la seconda fase, cronologicamente successiva alla D1, detta D2 a carattere distensivo.
La fase D1 si è sviluppata nell'intervallo di tempo compreso tra 30 e 25 milioni di anni fa, conseguente alla collisione tra il margine sud europeo e la microplacca adriatica, con sotto scorrimento e deformazione del margine continentale della microplacca Apula (comprendente anche la zona Apuana).
In questa fase, la chiusura dell'Oceano Ligure, comporta la formazione di un cuneo orogenico che sottopone in un primo momento le Unità Liguri ad una deformazione in condizioni di picco metamorfico e successivamente la loro messa in posto sopra il margine continentale adriatico-apulo. La collisione continentale porta ad un rapido ispessimento del cuneo orogenico e il coinvolgimento di elementi di crosta continentale nel processo di impilamento delle falde. I primi domini ad essere interessati dalla deformazione intracrostale sono il Dominio Subligure ed il Dominio Toscano di cui fanno parte la Falda Toscana (successioni toscane non metamorfiche) e l'Autoctono – "Autt." (successioni toscane metamorfiche – complesso Alpi Apuane). Il sovrascorrimento delle Unità Liguri e della Falda Toscana sopra la zona apuana ne comporta una deformazione a pieghe isoclinali NE-vergenti, variamente non cilindriche, con lo sviluppo di una foliazione sin-metamorfica pervasiva sub parallela al piano assiale, nota ai cavatori come "verso di macchia".

I motivi strutturali principali sono riconducibili ad una serie di pieghe isoclinali, di scala chilometriche, coricate e impilate verso Est, già strutturatesi durante la prima fase deformativa sin-metamorfica. In particolare le strutture maggiori della zona in studio sono definibili da W verso E: l'anticlinale di Vinca, la sinclinale di Orto di Donna e l'anticlinale del M.te. Tambura sul cui fianco rovescio si trova il sito in esame.

A partire dal Miocene (ca 25 milioni d anni fa), tutti gli elementi strutturali di prima fase sono interessati da una nuova fase tettonica D2 che si sviluppa in un contesto distensivo crostale. Il processo distensivo si esplica mediante lo sviluppo di pieghe asimmetriche con fianchi stretti, dalla micro alla macroscala, con verso di rovesciamento verso W e verso E, in modo centrifugo rispetto al massiccio apuano. Questa cinematica, unita all'erosione, ha determinato l'esumazione dei livelli strutturali più profondi rappresentati dal complesso metamorfico.

Le interferenze tra le fasi D1 e D2 hanno come risultato un pattern strutturale articolato, ben visibile nei marmi policromi dell'area Apuana come ad esempio i "cipollini", nei quali si possono osservare pieghe isoclinali di prima fase "ripiegate" da strutture secondarie a piano assiale poco inclinato. Gli stadi tardivi della D2 sono caratterizzati da distensione di tipo fragile.

Nell'area in oggetto le pieghe isoclinali di prima fase risultano ancora ben riconoscibili: ad esse è associato lo sviluppo di scistosità di piano assiale SW-immergente, che nei marmi rappresenta quello che i cavatori chiamano "verso di macchia".

5.2 Inquadramento Geologico - stratigrafico

Nell'area studiata affiorano le seguenti formazioni litologiche (Tav. 3, Carta Geologica scala 1:5.000 e Tav. 4 Sezioni geologiche scala 1:5.000):

Litotipi riferibili alle Formazioni dell'"Auctotono-Autt.", rappresentati da:

*Marmi dolomitici e dolomie cristalline***:** marmi dolomitici alternati a livelli di dolomie grigio chiare o rosate, più o meno ricristallizzate. Frequenti alghe, gasteropodi, brachiopodi e lamellibranchi. Spesso presenti dolomie cristalline massicce grigio chiare. (Lias inf.)
Marmi s.s: meta calcari a grana saccaroide di colore variabile dal bianco al grigio rappresentata

da diverse varietà merceologiche che saranno dettagliatamente discusse nel paragrafo “Il materiale” e che comunque sono state distinte nella cartografia di riferimento (Carta merceologica di dettaglio Tavola 7). Età: Lias Inf. e Medio;
Calcari selciferi : metacalcilutiti grigio scure con liste e noduli di selci, rari livelli di calcareniti . Età Lias medio – sup.
Calcescisti: calcescisti grigio verdastre con patina d'alterazione marrone chiaro, con intercalazioni di filladi carbonatiche. Lias Sup.
Diaspri: meta radiolariti rosse, violacee più raramente verdastre e grigie. Malm
Formazione di Arnetola: metabrecce poligeniche costituite da clasti marmorei varicolori e rare selci, in matrice da verde-rossa a violacea. Lias - ?Cretacico
Scisti sericitici: filladi muscoviti che verdastre, rosso violacee, più raramente grigie, con rari e sottili livelli di filladi carbonatiche, marmi a clorite e meta radiolariti rosse. Cretacito inf. - Paleogene

Litotipi caratteristicamente riferibili al quaternario sono rappresentati da:

Depositi di versante: accumulo di frammenti litoidi, eterometrici angolosi, talora stratificati in matrice sabbiosa o sabbioso limosa. Olocene
Depositi Detritici Artificiali o “Ravaneti”: accumulo degli scarti prodotti durante l’escavazione; gli elementi di marmo bianco hanno spigoli vivi e granulometria variabile. Attuale

La distribuzione areale degli elementi, la loro disposizione geometrica ed una descrizione più approfondita dei rapporti stratigrafici e tettonici sono riportate nella Carta Geologica di Tav. 3, in scala 1:5.000.

I litotipi interessati dalla coltivazione appartengono al livello litostrutturale dei *marmi in s.s.*, con varietà cromatiche che vanno dal bianco perlaceo al grigio chiaro.

In Tavola 8, scala 1:2.000, si riporta un dettaglio della merceologia dei materiali discussi in seguito.

5.3 – Inquadramento geologico - geostrutturale

5.3.1 – Rilievo strutturale

La realizzazione del rilievo strutturale, permettendo il riconoscimento dei caratteri fisico-meccanici e geometrici delle singole discontinuità, ha come fine:

- l'individuazione dei sistemi di discontinuità principali presenti nel sito e le loro caratteristiche geometriche e fisico-meccaniche;
- la definizione dei parametri utili per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

I rilievi strutturali sono stati realizzati in accordo con il metodo normalizzato per la descrizione delle discontinuità elaborato dall'I.S.R.M. (*International Society of Rocks Mechanics*, 1978), ben applicabile alla realtà in esame caratterizzata da un limitato sviluppo della fratturazione. Gli stendimenti sono stati realizzati in corrispondenza dei fronti accessibili, anche se una certa difficoltà è stata incontrata a causa dei degli accumuli di detrito che sono rimasti dalle precedenti coltivazioni.

Di ogni discontinuità individuata sono state rilevate le seguenti caratteristiche:

❒.Geometriche:
- orientazione;
- spaziatura;
- persistenza;

❒.Fisiche:
- scabrezza;
- rugosità;

- ♦ alterazione;
- ♦ apertura;
- ♦ riempimento;
- ♦ presenza d'acqua.

A tal fine si è proceduto nel periodo Dicembre 2019 all'esecuzione di stendimenti strutturali in corrispondenza dei fronti aperti, oltre alla realizzazione di stazioni puntuali di misura in corrispondenza di alcune aree ritenute significative, sia all'interno della cava sia nel suo intorno.

Gli stendimenti e le stazioni si misura effettuate sono stati riportati all'interno della Carta della Fratturazione Tav. 9 allegata al progetto.

All'interno della Carta della Fratturazione sono indicati anche i fronti residui e i tagli morfologici lungo le viabilità esistenti.

I dati strutturali raccolti sono stati elaborati con le usuali tecniche statistiche al fine di determinare le caratteristiche generali delle varie famiglie di discontinuità presenti nel sito, e confrontati con quelli rilevati nelle precedenti campagne.

L'elaborazione è stata condotta nell'ipotesi generale che la distribuzione dei dati sia di tipo normale (curva gaussiana) con l'ausilio del programma DIPS della Rocscience (Toronto-Canada).

Tale indicazione anche se non può essere a priori determinata, rimandando ad un'analisi molto più dettagliata di una ingente mole di dati (e non è lo scopo del presente lavoro), trova supporto nelle indicazioni fornite dal Dr. Hoek che nelle sue pubblicazioni evidenzia come "*a meno di avere a disposizione ingenti moli di dati da cui ricavare una differente distribuzione, la distribuzione normale riesce bene ad approssimare la distribuzione statistica dei parametri geomeccanici".*

In particolare lo studio, una volta eseguiti gli stendimenti e raccolti i dati in campagna, ha seguito i seguenti passi:

- proiezione generale di tutti i dati relativi all'orientazione delle discontinuità rilevate e confronto con i dati pregressi;
- analisi statistica e definizione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi rilevati al fine di caratterizzare l'ammasso roccioso;
- suddivisione dell'ammasso in zone a differente omogeneità strutturale (Dominio Strutturale 1: area produttiva o semiproduttiva dell'ammasso; Dominio Strutturale 2: cappellaccio-finimento)

5.3.2 – Riconoscimento delle discontinuità ed elaborazione dei dati raccolti

L'elaborazione dei dati raccolti è stata eseguita con l'ausilio di programma informatizzato DIPS della Rocscience, che ha permesso anche il trattamento statistico di parte dei dati, utile per la redazione delle tabelle sintetiche che raccolgono le caratteristiche fisico-meccaniche dei vari sistemi riconosciuti.

Allo scopo di evidenziare la giacitura preferenziale delle discontinuità rilevate nel sito sono stati proiettati su reticolo equiangolare di Wulff tutti i poli delle discontinuità rilevate nella cava (Figura 17), sono stati definiti i massimi di frequenza (Figura 18) ed i piani medi dei vari sistemi individuati (Figura 19); i dati dei range dei sistemi ed i relativi piani rappresentativi sono riportati nella Tabella 1 e per praticità riassunti nella seguente Tabella 1.

Tabella 1

Sistema	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Ranges Immersione	144 - 191 325 - 010	202 - 232 022 - 051	167 - 250	270 - 317 090 - 138	329 - 003	041 - 089
Ranges Inclinazione	54 - 90 62- 90	76 - 90 77 - 90	10 - 53	54 - 90 63 - 90	31 - 47	28 - 78

Piano Rappresentativo	174 - 76 350 - 78	219 - 89	211 - 32	292 - 73 130 - 75	350 - 39	067 - 54

**questo sistema comprende anche il sistema K3, rilevato nelle precedenti campagne e che è stato inglobato in questo sistema*

Le proiezioni stereografiche, confermando le osservazioni dei rilievi geologico-strutturali di dettaglio, hanno evidenziato la presenza complessivamente di 6 sistemi di discontinuità presenti nell'intera area di cava, anche se con frequenza diversa a seconda del Dominio Strutturale preso in esame. Essi sono stati indicati convenzionalmente con la lettera K seguita da un indice numerico seguito da una lettera minuscola per differenziare le dispersione rilevate per alcuni raggruppamenti (K1 e K4).

Si ricorda che l'importanza di un sistema di discontinuità per la caratterizzazione geomeccanica è funzione sia del parametro frequenza ma anche degli altri parametri geometrici caratteristici quali persistenza, spaziatura, etc.

I dati raccolti sono stati elaborati al fine di redigere la Tabella 2 delle caratteristiche fisico-meccaniche dei sistemi delle discontinuità rilevate, ricavata dall'unione dei dati strutturali delle campagne di rilevamento effettuate. Come già di seguito si rimette una breve descrizione delle loro caratteristiche.

Per ciò che riguarda il parametro "*spaziatura*" questo è stato rilevato per il Dominio Strutturale 1 direttamente sui fronti accessibili in corrispondenza dei tagli a filo, quindi in prossimità dell'ammasso con caratteristiche migliori; mentre per il Dominio Strutturale 2 si è proceduto con il metodo osservazionale riferendosi alle classi di spaziatura di riferimento dei sistemi di classificazione più usati (rif. Bieniawski e GSI).

La cava presenta in generale un elevato grado di fratturazione ma la fratturazione tende a migliorare man mano che si penetra all'interno dell'ammasso roccioso.

Il parametro "apertura" è risultato nell'analisi statistica avere valori relativamente bassi in entrambi i domini strutturali a seguito della condizione generale delle fratture indagate che presentano caratteristicamente la tendenza man mano che la frattura penetra nell'ammasso a ridursi sino ad evidenziare in molti casi un "*immarmamento*" completo della discontinuità. Ciò è più chiaramente visibile dai dati ricavati dal Dominio 1, già soggetto in passato a lavorazione e quindi privo di zone rocciose vergini, dove è più facile che fenomeni di tipo carsico e/o atmosferico favoriscano un aumento dell'apertura delle fratture nella loro parte più superficiale.

A favore della sicurezza, come meglio descriveremo in seguito, vi è la scabrezza a "grande scala" che caratteristicamente ricade nella maggior parte dei casi all'interno della classe "VIII" (rettilinea), con la presenza però di scarti anche di parecchi gradi dal generico piano di riferimento.

Sistema K1

Uno dei tre sistemi più importanti presenti nell'area in esame, rappresentante il 25.5% dei dati raccolti ed esaminati e caratterizzato da fratture con immersioni verso Nord o Sud ed inclinazione media di circa 77°. Le fratture mostrano una lunghezza media di circa 10.6m, sono quasi tutte persistenti e ricadono per oltre il 90% nella classe 10-20; la spaziatura media è di circa 0.8m, con il 40% dei giunti ricadente nella classe 60-200 ed un picco secondario del 30% nella classe 20-30. Per quanto riguarda la forma a grande scala, il 66.2% delle discontinuità appartiene alla categoria "VIII", con un picco secondario del 28.4% nella categoria "V"; l'apertura media è di circa 2.5mm, con un valore massimo di 50mm e circa il 64% dei casi ascrivibili alla classe 0-0.5 ed un 21.6% circa di fratture esposte. Il 28.4% circa delle misure mostra superfici ossidate, mentre un 8.1% risulta carsificato; solo il 6.8% dei giunti presenta riempimenti a base di terra. Sono state osservate superfici umide nell'8.1% delle discontinuità esaminate, mentre venute d'acqua sono state segnalate nel 2.7% dei dati; il JRC è ascrivibile per il 52.7% alla categoria 2-4 e per il 36.5% alla categoria 2-6.

Sistema K2

Sistema rappresentante il 9.6% dei dati, con piano rappresentativo orientato principalmente verso Sud Ovest (ed in parte minore verso Nord Est) ed inclinazione media di circa 89°; si tratta di fratture persistenti nell'85.7% dei casi, con un valore medio di circa 8.7m e l'85.7% dei dati ricadenti nella

classe 10-20. La spaziatura media è di circa 1.6m, con il 33% circa dei giunti ascrivibili alla classe 20-60 ed un 50% circa equamente distribuito invece tra le classi 6-20, 60-200, 200-600; la forma a grande scala ricade per il 64.3% nella categoria "VIII", con un picco secondario del 25% nella categoria "V". L'apertura media si attesta sui 0.6mm, con il 64.3% delle discontinuità ricadenti nella classe 0-0.5 ed un 28.6% di fratture esposte; assenti sia tracce di alterazione che riempimenti. L'acqua è presente sotto forma di superfici umide nel 10.7% dei casi e nel 7.2% sotto forma di venute; per quanto concerne il JRC oltre il 70% dei dati ricade nella categoria 2-4, mentre sono ascrivibile alle categorie 4-6 e 6-8 rispettivamente il 17.9% ed il 10.7% dei giunti.

Sistema K3
Il sistema rappresenta il 12.1% delle misure raccolte ed analizzate, immergenti similmente al sistema K2 verso Sud Ovest, ma con inclinazione media minore attestata sui 32°. Sono fratture a carattere persistente nell'88.6% dei casi, con un valore medio di 9.2m ed il 91.4% ascrivibile alla classe 10-20; la spaziatura media è di circa 1m, con il 42.8% delle discontinuità ricadenti nella classe 60-200 ed un picco secondario del 28.6% nella classe 20-60. La forma a grande scala è ascrivibile al 57.8% dei casi alla categoria "VIII"; l'apertura media è di circa 3.1mm, con il 60% dei giunti appartenenti alla classe 0-0.5 ed un 14.3% risultati invece esposti. Il 17.1% delle fatture è ossidato, ed il 17.2% presenta riempimenti formati da terra o da sassi; nell'11.4% dei casi sono visibili venute d'acqua. Il JRC ricade per oltre il 75% nella categoria 2-4.

Sistema K4
Si tratta di uno dei sistemi principali dell'area in esame, raccoglie il 22.1% dei dati esaminati ed è rappresentato da un piano orientato verso Sud Est ed uno orientato vero Ovest-Nord Ovest, con inclinazione media di circa 74°. Si tratta di fratture persistenti nel 97% dei casi, con un valore di lunghezza medio di circa 9.7m ed il 96.8% circa delle discontinuità ricadenti nella classe 10-20; la spaziatura media è di circa0.6m, con il 40% dei giunti ricadenti nella classe 6-20 ed i rimanenti equamente distribuiti tra le classi 2-6, 20-60 e 200-600. Per quanto riguarda la forma a grande scala il 57.8% dei dati è ascrivibile alla categoria "VIII" ed il 40.6% alla categoria "V"; l'apertura media è di 0.1mm, con il 70.3% dei dati ricadenti in classe 0-0.5 ed un 28% circa invece esposti. Il 35.9% delle fratture è ossidato, assenti invece i riempimenti; l'acqua è presente nel 9.4% delle fratture, equamente suddivise tra superfici umide o venute vere e proprie. Per quanto concerne il JRC circa il 47% dei giunti ricade nella categoria 2-4, con un picco secondario di circa il 27% ascrivibile invece alla categoria 4-6.

Sistema K5
Il sistema presenta un'orientazione verso NW ed un'inclinazione media di circa 39°; e rappresenta il 5.2% dei dati analizzati. Si tratta di fratture per la maggior parte persistenti (88.6%), e sub-persistenti solo nel 13% circa dei casi; il valore di lunghezza medio è di 10.3m circa, con il 96.8% delle misure ascrivibili alla classe 10-20. La spaziatura media è di circa 2.5m (la più alta riscontrata nel sito d'indagine), con il 35% dei dati ricadente nella classe >600; il 60% delle discontinuità mostra una forma a grande scala di tipo "VIII", con le rimanenti appartenenti invece alla categoria "V". Il 53.3% delle fratture risulta chiuso, con le restanti invece per il 20% ascrivibili alla classe 10-100 e per il 13.3% esposte;.l'alterazione è presente sotto forma di superfici ossidate per il 26.7% dei dati. Riempimenti osservati solo nel 6.7% dei giunti, formati principalmente da terra e sassi; l'acqua è presenta unicamente come patina umida nel 6.7%. Per quanto concerne il JRC, quasi il 50% dei dati ricade nella classe 2-4, con un picco secondario del 26.7% nella classe 4-6.

Sistema K6
Si tratta di uno dei sistemi principali, e rappresenta circa il 25.5% dei dati. Il piano rappresentativo è orientato verso Nord Est, con un'inclinazione media di circa 54°; la lunghezza media è di circa 11.4m, con il 96% delle fratture di tipo persistente e ricadente per oltre l'80% nella classe 10-20. La spaziatura media è di circa 0.8m, con il 42.8% dei dati ascrivibili alla classe 60-200; la forma a grande scala ricade invece per il 55.4% nella categoria "V", con buona parte dei dati rimanenti che si attestano nella categoria "VIII" (40.5%). Le discontinuità risultano chiuse per circa 47.3%, con un 39.2% di fratture esposte; i giunti presentano per il 24.3% tracce di ossidazione e per l'1.4% di carsismo. Solo il 10.7% dei dati analizzati presentava riempimenti, principalmente formati da terra e/o sassi; tracce di acqua sotto forma di venute o superfici umide sono state riscontrate nel 21.6% dei casi. Per quanto riguarda il JRC circa il 60% delle discontinuità è ascrivibile alla categoria 2-4, con un picco secondario del 21.6%

nella classe 4-6.

Versi di Macchia

In corrispondenza degli stendimenti si sono effettuate delle misure del “verso di macchia” – S1; i range di variazione del sito di cava sono riportati nella tabella seguente:

	RANGE IMMERSIONE	RANGE INCLINAZIONE
S1	240 - 260 340 - 360	40 - 70 20 - 40

5.3.3 – Caratteri strutturali del rilievo

Il rilievo geologico-strutturale ha evidenziato, come già precedentemente indicato, la presenza nell’area di intervento di alcuni settori con differenti caratteristiche geometriche; elemento dominante per la definizione delle "zone di omogeneità" sono stati i parametri “*spaziatura*” e “*persistenza*”.

Sulla base di questo sono state distinte 2 classi principali di omogeneità, definiti “*Dominio Strutturale 1: area produttiva o semiproduttiva dell'ammasso*” e “*Dominio Strutturale 2: cappellaccio-finimento*”:

- "DOMINIO STRUTTURALE 1 - AREA PRODUTTIVA O SEMIPRODUTTIVA DELL’AMMASSO”: esso comprende le aree del giacimento oggetto delle precedenti lavorazioni, con la ripresa degli interventi in corrispondenza del piazzale principale della cava posto a quota circa 1148 m s.l.m.. I rilievi di campagna hanno evidenziato la presenza in cava di zone cataclastiche (finimenti) ed una fratturazione marcata soprattutto nella parte superiore del giacimento, con un generale miglioramento (diminuzione della frequenza e spaziatura delle fratture) in corrispondenza delle porzioni più basali e più interne al giacimento stesso e che saranno oggetto di sfruttamento del presente piano di coltivazione. Le fasce cataclastiche principali contornano a Nord e Sud, gli attuali piazzali della cava e le future aree di lavorazione. L'area che sarà oggetto di coltivazione è caratterizzata da varietà merceologiche di pregio rappresentate da livelli di marmi “bianchi” e da “venatini” che sono oggetto di forte richiesta dal mercato e ciò permette la vendita anche di blocchi di volumetria limitata.

- "DOMINIO STRUTTURALE 2 - CAPPELLACCIO-FINIMENTO”: la parte corticale (capellaccio) è caratterizzata da un grado di fratturazione più elevato che limitatamente ad alcune fasce di maggior debolezza si sviluppa anche all’interno dell’ammasso produttivo (finimenti). Nella parte di territorio in cui è ubicato il sito di interesse, l’intensa fatturazione impostata dalle fasi di deformazione fragile è stata acuita dall’azione crioclastica e dal dilavamento delle acque superficiali. L’andamento e lo spessore del cappellaccio e dei finimenti è ben osservabile lungo i fronti di cava residui.Lo spessore del cappellaccio generalmente si mantiene pressoc hé costante tra 2m e 3m al di sotto del quale l’ammasso risulta avere caratteristiche migliori. E' da considerare che il tratto di versante in oggetto è stato in passato soggetto ad escavazione tramite uso di esplosivo, condizione che ha incrementato la fratturazione più superfciale.

Per quanto riguarda le fasce di finimento principali, queste sono state riportate all’interno della Carta della fratturazione allegata al progetto (Tav. 9).

Per un inquadramento strutturale a grande scala si rimanda anche alla Carta geomorfologica allegata (Tav. 7), dove a grande scala sono stati riportati i sistemi di fratturazione principali rilevati da studi sulle ortofoto dell’area.

5.3.4 – Classificazione dell'ammasso roccioso

In questo paragrafo si procede alla caratterizzazione dell'ammasso secondo il metodo di Bieniawski (1989) ed il GSI (Geological strenght - Index-Hoek&Brown, 2002), sulla base dei dati geostrutturali e delle osservazioni condotte durante la campagna d'indagine nell'area di interesse ed in un interno significativo.

Poiché nel Dominio 1 è stato possibile procedere ad un rilevamento di dettaglio dei dati strutturali, vista la migliore accessibilità e la presenza di fronti aperti, si procederà a determinare le classi di appartenenza di questo per poi declassare il Dominio 2 in funzione delle osservazioni e dei dati generali rilevati durante la campagna di indagine.

CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI (Indice RMR, 1989):

DOMINIO STRUTTURALE 1:

Il metodo consiste nell'assegnare un valore (indice RMR) risultante dalla sommatoria di cinque indici stimati in relazione alle caratteristiche dell'ammasso roccioso e delle discontinuità che lo caratterizzano e riferite al peso statistico di ogni sistema. Il valore di base detto anche BRMR (basic RMR) viene poi corretto in funzione dell'orientazione esistente tra fronti principali e sistemi di discontinuità. La sommatoria del BRMR con questo indice finale fornisce l'RMR (Rock Mass Rating) che viene raffrontato a cinque classi di qualità dell'ammasso (Tabella 5).

Per la determinazione di RQD dei due cantieri in mancanza di dati sperimentali relativi a carotaggi si è utilizzata la correlazione che fa uso del numero di giunti a mc, JV, con l'espressione modificata da Palmström (1995):

$$RQD\% = 110 – 2.5Jv$$

con

$$J_V = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + ... + \frac{1}{S_n} =$$

$$Jv=5.9$$

$$RQD= 110-2.5*5.9= 110-14.75 = 95.2$$

dove S1…Sn spaziature dei vari sistemi di discontinuità del sito; da cui RQD=0 per Jv >44 e 100% per Jv <2.5. Questa formula ha fornito nel caso del Dominio Strutturale 1 un valore prossimo al 100%; in misura cautelativa è stato utilizzato, anche a favore di sicurezza, un valore di 80% di recupero.

BACOLAIO - DOMINIO 1 (MARMO SANO)

	PARAMETRO	Valori riscontrati	INDICE RMR	Note
1	***RESISTENZA ROCCIA***	80-100MPa	9	Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa
2	***RQD***	95%	17	Valore cautelativo pari a 85% sebbene la stima con Jv fornisca un valore superiore
3	***SPAZIATURE GIUNTI***	Valore mediato	Vedi Tab. 4	Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti
4	***CONDIZIONE DEI GIUNTI***	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	Vedi Tab. 4	Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti
5	***CONDIZIONI IDRAULICHE***		Vedi Tab. 4	
		Totale somma voci 3-4-5	40	Risultato elaborazione Tab.4
	BRMR	**Valore stimato**	**66**	
	Corr. Orient. Giunti		**-10**	Risultato elaborazione Tab.5
	RMR	**Valore stimato**	**56**	

Tabella 2: Dominio 1, valore di BMR: assegnazione dei parametri di Beniawski, 1989.

DOMINIO STRUTTURALE 2:

Sulla base dei valori rilevati ed ottenuti per il Dominio Strutturale 1 si sono ricavati quelli per il Dominio Strutturale 2, considerando un valore di jv di 12 (duplicato) che ha fornito un valore di RQD del 80% circa.

BACOLAIO - DOMINIO 2 (MARMO FRATTURATO-FINIMENTI)

	PARAMETRO	Valori riscontrati	INDICE RMR	Note
1	*RESISTENZA ROCCIA*	50-70MPa	9	Valore medio relativo ad una resistenza monoassiale di 90MPa
2	*RQD*	80%	15	Valore cautelativo pari a 75% sebbene la stima con Jv fornisca un valore superiore
3	*SPAZIATURE GIUNTI*	Valore mediato	Vedi Tab. 5	
4	*CONDIZIONE DEI GIUNTI*	Lunghezza, Apertura, Rugosità, Riempimento, Alterazione	Vedi Tab. 5	Il range è riferito ai valori di spaziatura dei sistemi persistenti
5	*CONDIZIONI IDRAULICHE*		Vedi Tab. 5	Il range è riferito ai valori dei sistemi persistenti
		Totale somma voci 3-4-5	32	
	BRMR	**Valore stimato**	**56**	
	Corr. Orient. Giunti		**-10**	Risultato elaborazione Tab.5
	RMR	**Valore stimato**	**46**	

Tabella 3: Dominio 2, valore di BMR: assegnazione dei parametri di Beniawski, 1989.

L'elaborazione dei dati raccolti ha fornito quindi la seguente classificazione finale dell'ammasso:

Tabella 4:

CAVA BACOLAIO	BRMR	RMR
Dominio Strutturale 1	66	56
Dominio Strutturale 2	56	46

da cui si evince che l'area del Dominio Strutturale 1 è ascrivibile alla classe "buona/discreta", mentre il Dominio Strutturale 2 ricade all'interno del limite tra le classi "discreta/scadente" di Bieniawski (1989).

CLASSIFICAZIONE DI HOEK-KAISER-BAWDEN (Indice GSI, 1995-2002):

Questa classificazione fornisce un sistema per valutare la riduzione della resistenza dell'ammasso in funzione delle differenti condizioni geologiche in cui si trova lo stesso.

Delle versioni elaborate è stata usata l'ultima, che utilizza la tabella modificata da Sonmez-Ulusay (1999), Tabella 11, che permette di dare un valore numerico ai parametri "condizione strutturale" (SR) e "condizione delle discontinuità" (SCR), in maniera meno soggettiva rispetto alla semplice descrizione basata sulla Tabella 5. La stima del parametro SR è basata sul numero di discontinuità per mc di roccia (J_v), mentre l'indice SCR parte dalla stessa base relativa alla valutazione delle condizioni delle discontinuità per la stima dell'indice RMR di Bieniawski.

Dominio Strutturale 1

Per il caso in oggetto sono stati stimati dei valori di Jv (joints/mc) di 5.9 corrispondenti ad un SR = 66; con un valore di SCR pari a 9.2, rif. Tab. 11. Entrando con tali valori all'interno della Tabella 11 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI di 45-50.

La scelta di un *range* al posto di un valore univoco è consigliata dagli stessi autori; si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

$$GSI = BMR_{89} – 5 = 66 – 5 = 61$$

che fornisce un valore di GSI = 61**;** in considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori e del valore ricavato dal BMR si ritiene che sia utilizzabile per il Dominio Strutturale 1 dell'ammasso in studio un valore cautelativo di **GSI= 45**.

Questo corrisponde ad un ammasso con struttura "*fratturata- a blocchi*" e con condizioni delle discontinuità "*discrete*".

Dominio Strutturale 2

Per il caso in oggetto sono stati stimati dei valori di Jv (joints/mc) di 12 corrispondenti ad un SR = 35; con un valore di SCR pari a 6.4, rif. Tab. 11. Entrando con tali valori all'interno della tabella 9 sopra richiamata si è stimato un valore di GSI di 35-40.

La scelta di un range al posto di un valore univoco è consigliata dagli stessi autori; si ricorda inoltre che una stima del valore di GSI si può ottenere anche dal valore di BRMR, con la seguente espressione:

$$GSI = BMR_{89} – 5 = 56 – 5 = 51$$

che fornisce un valore di GSI = 51**;** in considerazione del valore stimato per via diretta con le tabelle degli autori e del valore ricavato dal BMR si ritiene che sia utilizzabile per il Dominio Strutturale 2 dell'ammasso in studio un valore cautelativo di **GSI=35**.

Questo corrisponde ad un ammasso con struttura "fratturata" e con condizioni delle discontinuità "scadenti/discrete".

Di seguito si richiama in sintesi la stima effettuata ed i valori utilizzati:

Tabella 5

CANTIERI CAVA BACOLAIO	GSI AMMASSO
Dominio Strutturale 1	45
Dominio Strutturale 2	35

5.3.5 – Stima dei parametri di resistenza dell'ammasso roccioso

Per la definizione della legge di comportamento dell'ammasso roccioso si fa riferimento al criterio di rottura di HOEK-BROWN.

A partire dall'inviluppo di resistenza curvilineo (piano σ-τ) è possibile definire, un angolo di attrito interno ed una coesione equivalenti, rappresentativi di un ipotetico inviluppo di Mohr-Coulomb, ottenuto con una retta tangente all'inviluppo curvilineo.

L'elaborazione dell'inviluppo di Hoek e Brown e del relativo inviluppo di Mohr-Coulomb per l'ammasso sono state effettuate utilizzando il programma di calcolo ROCKLAB 1.0 (versione 2002) della Rocscience Inc.(Toronto).-

L'elaborazione dei dati si differenzia da quella precedente (anno 1997) sostanzialmente per l'introduzione di un nuovo parametro, chiamato "fattore disturbo - D" che tiene conto delle caratteristiche di disturbo indotte dalle operazioni di scavo. In particolare il parametro D varia da un minimo di zero, caso di ammassi non disturbati o con disturbo minimo, ad un massimo di 1 (caso di massimo disturbo, per esempio uso massiccio di esplosivo). Per l'assegnazione del valore di tale parametro si deve inoltre considerare la finalità dell'opera a cui si sta lavorando: se per esempio si tratta di una galleria, o dello studio di stabilità di una parete rocciosa.

Premesso ciò, i parametri utili per la definizione delle caratteristiche di resistenza dell'ammasso necessari per poter operare con il criterio di Hoek&Brown sono rappresentati da:

- valore di σ_{ci} (sigci) resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta: 100 MPa;
- valore di **GSI** (Geological Strenght Index, prima definito);

- parametro adimensionale "$\mathbf{m_i}$" tabellato in funzione del tipo di roccia oggetto di indagine, per il marmo 9±3: valore adoperato 9;
- fattore disturbo "D", posto uguale a 0.0 (scavo completamente mecanizzato).

Si riporta di seguito l'espressione matematica della legge di comportamento di Hoek&Brown, utilizzata dal programma RocLab per la valutazione dei parametri di resistenza:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}(m (\sigma_3/\sigma_{ci})+s)^a \quad (1)$$

con:

- σ1 tensione principale massima;
- σ3 tensione principale minima;
- m = mi e $^{(GSI\ -\ 100)/(28-14D)}$ ed mi tabellato in funzione del tipo di roccia, nel caso del "marmo" si assumerà mi=9;
- s = e $^{(GSI\ -\ 100)/(9-3D)}$
- a= ½ + 1/6 (e $^{(-GSI/15)}$ – e $^{(-20/3)}$)

mentre nella (1) σ_{ci} la resistenza a compressione semplice della matrice rocciosa, posta pari a 100MPa.

Sostituendo nelle espressioni sopra i valori di GSI si ottengono i valori per m e per s che sono utilizzati per derivare la **resistenza a compressione semplice dell'ammasso**; imponendo quindi σ_3 = 0 (confinamento nullo) l'espressione assume la forma:

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci}(s)^a = \sigma_{ci} \sqrt{s}$$

con il valore di *a* che può essere approssimato a 1/2.

Per **la resistenza a trazione** il criterio utilizza la seguente espressione:

$$\sigma_{tm} = (s\ \sigma_{ci}) / m$$

Per **il modulo di deformabilità** l'espressione usata dal programma è la seguente:

$$E\ (GPa) = (1-D/2)\ 10^{((GSI-10)/40)} \text{ per } \sigma_{ci} \geq 100MPa$$

Quindi imponendo nel programma citato (o semplicemente sostituendo nelle espressioni sopra) i valori stimati si possono ottenere al variare di questi in funzione dei differenti domini strutturali, i relativi parametri di resistenza richiesti; in particolare questi saranno presentati dominio per dominio e poi sintetizzati in una tabella finale.

Dominio Marmo, GSI= 45, Figura 20

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	4.034MPa
Resistenza globale	13.358MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.158MPa
Modulo di deformazione E	7114.12MPa

Dominio 2, GSI= 35, Figura 21

PARAMETRO AMMASSO	VALORE STIMATO
Resistenza a compressione σ_{cm}	2.167MPa
Resistenza globale	10.607MPa
Resistenza a trazione σ_{tm}	-0.074MPa
Modulo di deformazione E	4000.56MPa

Nelle figure 20 e 21 sono riportati gli inviluppi delle curve di resistenza e delle rette tangenti ottenute come inviluppo alle curve di Hoek&Brown utilizzando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb; l'andamento della retta determina angolo di attrito e coesione secondo la legge di comportamento di Mohr-Coulomb in termini di angolo di attrito e coesione caratteristici dell'ammasso.

6.0 – CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE

6.1 – Inquadramento generale

Il giacimento è ubicato in corrispondenza del più esteso affioramento apuano della formazione dei "*marmi s.s.*.", tra la struttura nota in letteratura come "Anticlinale della Tambura" ad est, ed una struttura di ordine minore rappresentata da una sinclinale ad ovest.

Nel bacino di Acquabianca il considerevole spessore dell'affioramento marmifero deriva dai raddoppi della serie a seguito della presenza appunto di più strutture ripiegate in anticlinali e sinclinali. La progressione delle fasi deformative sinmetamorfiche ha portato alla sovrapposizione, talvolta con laminazione, delle varie tipologie cromatiche che definiscono la classe merceologica del materiale stesso, così da creare orizzonti diversi all'interno di uno stesso sito estrattivo.

La disposizione dei livelli e il valore d'inclinazione della scistosità principale S1 (*verso di macchia*), crea talvolta una ripetizione delle qualità, come ben visibile all'interno del cantiere Scaglia localizzato ad est del sito.

A S-SE è presente il contatto con i "marmi dolomitici"; il passaggio ai sovrastanti "marmi s.s." avviene per alternanza con progressiva diminuzione di spessore e frequenza dei livelli dolomitici.

L'analisi delle foto aere evidenzia tre sistemi principali con andamento generale direzione NW-SE immersione a SW, direzione generale NE-SW immersione a NW ed E-W con immersione a N. I rilievi di campagna, confermando quanto osservato a grande scala, hanno evidenziato la presenza nella cava di zone cataclastiche (*finimenti*) ed una fratturazione marcata specie nella porzione superiore del giacimento, con un miglioramento (diminuzione della frequenza ed aumento della spaziatura) in corrispondenza delle porzioni più basali e più interne al giacimento stesso. Si evidenzia che la condizione di fratturazione registrata è conseguenza non solo della tettonica che ha interessato l'area, ma in parte anche dell'impiego di esplosivo che ha incrementato il grado di fratturazione superficiale del giacimento.

Le fasce cataclastiche principali rilevate sono localizzate a N ed a S degli attuali piazzali: quella settentrionale presente orientazione circa NE-SW mentre la meridionale è leggermente più ruotata con andamento circa W-E; questa è anche la più ampia delle due.

Lo sfruttamento in passato dell'area della cava Bacolaio si è limitata a sviluppare una serie di cantieri limitrofi alla viabilità di bacino lungo un fronte N-S complessivo di circa 150m con limitato sviluppo in direzione W. Il giacimento è caratterizzato dall'affioramento di livelli di "bianco" disposti subparallelamente alle strutture principali dell'area che dal limite meridionale di affioramento dei marmi s.s. prosegue in direzione della cava Bacolaio, al limite orientale della cava Freddia (ormai coperto dai depositi detritici), e attraversa la cava Pungitopo oltre il fosso dell'Usciolo.

Per definire in maniera univoca la potenzialità estrattiva di questo giacimento, ci sono da considerare una serie di elementi sfavorevoli contrapposti ad una serie di elementi favorevoli.

Tra quelli ritenuti non favorevoli ricordiamo:

- ad Est la viabilità di bacino che collega la cava Bacolaio, con la Freddia, la Pungitopo, la Scaglia-Bardiglio etc. fino a rientrare sulla viabilità comunale asfaltata;
- a Sud il contatto con la formazione dei marmi dolomitici-dolomie cristalline;
- ad Ovest è presente il limite con i vincoli della ZPS;
- la presenza di due fasce cataclastiche di cui la meridionale più ampia orientata circa W-E;
- il versante soprastante il fronte principale esistente tende a verticalizzare ed è stato oggetto di escavazione in passato con uso di esplosivo, condizione che ha incrementato sicuramente la fratturazione più superficiale e che pertanto necessiterà di uno o più interventi di messa in sicurezza;
- la fratturazione risulta intensa almeno nel livello più superficiale, mentre l'osservazione della base dei

fronti esistenti evidenziano diminuzione della frequenza e della persistenza.
Quelli ritenuti favorevoli sono rappresentati da:
- il giacimento è continuo all'interno della formazione di marmi s.s. e pertanto non vi sono formazioni sterili al suo interno;
- sono presenti varietà merceologiche di pregio rappresentate da livelli di marmi "bianchi" e da "venatini", oggetto di continua richiesta da parte del mercato anche in volumetrie limitate;
- la fratturazione tende a migliorare man mano che si penetra all'interno dell'ammasso roccioso, condizione che potrà favorire il passaggio progressivo verso una escavazione in sotterraneo con miglioramento dell'impatto paesaggistico-ambientale della cava;
- l'accesso è immediato sulla viabilità di bacino, con limitati interventi di adeguamento da realizzare sul deposito già presente;
- sono già presenti infrastrutture di collegamento con le parti superiori del giacimento, grazie alle quali risultano più semplificati eventuali interventi di messa in sicurezza nella tecchia e la strutturazione di fronti di accesso in sotterraneo da quota più elevata, condizione che consentirà di massimizzare lo sfruttamento della risorsa.
Una stima di massima della risorsa lorda disponibile ammonta per difetto in 500.000mc.

6.2 – Stima del blocco unitario- Vb

L'analisi dei valori di spaziatura dei sistemi rilevati ha permesso di compiere una stima del blocco medio unitario, parametro che in via generale può essere ricondotto alla condizione di escavabilità del sito ai fini ornamentali (*n.b. condizione solo geometrica e non estetica*).

Per questa stima si ricorda che in letteratura sono indicate varie formule, le quali partono o dai valori di spaziatura dei vari sistemi di discontinuità o dal blocco medio, entrambi ricavati con il rilievo strutturale in sito.

Una delle espressioni più note e utilizzate per la sua semplicità è la seguente:

$$V_b = S_a^{\,3}$$

dove Sa è il valore medio di spaziatura dei sistemi rilevati nel sito in metri e Vb il volume in metri cubi. Queste valutazioni si riferiscono all'ammasso produttivo e non possono ovviamente essere applicate alle aree di finimento o all'area di cappellaccio causa l'intensa fratturazione ed alterazione.

La formula nella sua espressione classica ha questa forma:

$$S_a = \left(S_1 + S_2 + ... + S_n\right) / n$$

dove *S1…Sn* sono le spaziature medie/minime/massime dei singoli sistemi ed *n* il numero dei sistemi riconosciuti.

Nella stima condotta dagli scriventi, il valore di spaziatura impiegato come "media" è stato ottenuto come il valore medio ponderato per tener conto dei pesi dei singoli sistemi (percentuali dei sistemi sul totale delle misure), tra il valore "minimo" e quello "massimo" di spaziatura dei sistemi stessi. I valori di S1…Sn è stato ottenuto come prodotto tra il peso del sistema K1…Kn e la media aritmetica tra il valore "minimo" e "massimo" di questo. La formula applicata come sopra avrebbe infatti dato lo stesso peso a tutti i sistemi, condizione non realistica; con tale correzione si è ottenuto un valore finale del blocco più confacente alla condizione reale (aree non fratturate – produttive).

Nel nostro caso, considerando la stima fatta secondo quanto sopra, partendo dalle spaziature minime e massime dei singoli sistemi rilevati, si ottiene un valore medio di *Sa = 1,9m* che corrisponde ad un blocco di volume *Vb = 7,6m*^{3} per l'area del Dominio Strutturale 1, escludendo lo ricordiamo le aree intensamente fratturate dalla stima.

In caso di applicazione della formula sopra senza pesare i singoli sistemi in funzione della loro frequenza e considerando le spaziature “medie”, si sarebbe ottenuto un valore di stima di Sa = 1,25m e quindi un Vb = 1,9mc.

La valutazione finale, pertanto, presume che la stima del volume del blocco medio, sulla base delle assunzioni fatte, abbia una volumetria compresa tra il valore minimo di 1,9mc (ascrivibile alle pezzature di informi o piccoli semiblocchi) fino al volume di 7,6mc (blocchi e semiblocchi).

Sulla base delle considerazioni sopra, si stima che il giacimento possa considerarsi produttivo in considerazioni delle varietà merceologiche presenti, delle quali i venatini ma soprattutto i bianchi, trovano ampia collocazione sui mercati anche in pezzature ridotte, viste le loro caratteristiche estetiche.

6.3 – Stima della resa media del giacimento

La stima della resa al monte di un giacimento di lapidei, anche presunta, risulta sovente di difficile definizione a priori e specie nelle situazioni in cui il giacimento abbisogni di essere ristrutturato/riorganizzato, mentre può risultare meno complessa allorquando il giacimento si presenti come già aperto ed organizzato.

La valutazione della percentuale di resa al monte (materiale commerciabile su escavato totale) nel giacimento deve tenere conto di più fattori che concorrono alla sua determinazione:

- lo stato di fratturazione e la spaziatura dei vari sistemi per l’area considerata produttiva, sintetizzata in parte nella stima del blocco unitario, che come visto al paragrafo precedente presenta valori estremi compatibili con la possibilità di una produzione di volumetrie potenzialmente collocabili sui mercati;

- la necessità di razionalizzare e sviluppare il giacimento creando nuovi spazi in direzione N ed W in aree caratterizzate da pregressi interventi ma che andranno riviste e riorganizzate e quindi nelle fasi iniziali presenteranno una resa minore rispetto a quelle che saranno poi le aree produttive;

- la possibilità di sfruttare volumetrie limitate specie nella varietà dei *bianchi* e dei *venatini* perché di alto pregio qualitativo (tipologia simile a bianco tipo Acquabianca o P);

- la condizione logistica che consente di avere la viabilità prossima al sito di escavazione;

- la presenza di “aree di cappellaccio” e di finimento che in parte saranno oggetto di scopertura e messa in sicurezza quindi con limitata resa produttiva, come messe in luce dai rilievi strutturali.

In considerazione della cava, degli interventi previsti sul giacimento che nelle prime due fasi si esplicheranno a cielo aperto, e delle considerazioni sopra, si presume di applicare una resa complessiva del 25% al cielo aperto e del 30% per la fase di apertura e sviluppo del sotterraneo.
La stima del 25% a cielo aperto deriva da una sintesi dei fattori di cui sopra di cui importante rimane la possibilità di una commercializzazione di volumetrie di dimensioni anche minime perché caratterizzate da una certa valenza estetica e risulta quale stima di un *valore medio* tra gli interventi meno produttivi e la condizione di cava a regime.
Alle fasi del sotterraneo si presume di incrementare il valore della resa considerando la condizione che lo stesso sarà organizzato in aree di sicura valenza produttiva e con caratteristiche strutturali tali da consentirne lo sviluppo in sicurezza, leggi meno fratturate. Né va da se che almeno in questa fase di valutazione, è stato stimato un valore leggermente più elevato della resa.

Il valore della resa del giacimento sarà poi definito con maggior precisione in funzione degli aggiornamenti annuali richiesti dalla normativa che prevedono annualmente la consegna di elaborati attestanti i lavori effettuati sul giacimento e la stima delle produzioni ottenute.

6.4 - Il Materiale

Il sito oggetto di studio rispecchia quanto descritto al paragrafo 5.1: la progressione delle fasi deformative sinmetamorfiche ha portato alla sovrapposizione, talvolta con laminazione, delle varie tipologie cromatiche che definiscono la classe merceologica del materiale stesso, così da creare orizzonti diversi all'interno di uno stesso sito estrattivo.

Nella cava sono state rilevate le seguenti varietà merceologiche all'interno dei *marmi s.s.:*

- ORDINARI - VENATI: marmo con fondo di colore bianco con venature grigio-blu non uniformi dovute alla presenza di pirite microcristallina che talvolta rameggiano; quando il numero delle vene aumenta la varietà da "ordinario" tende a passare a "venato". Quando il fondo è particolarmente chiaro e la venatura (*rameggiatura*) sottile si ha la varietà "*venatino*" di qualità superiore rispetto a venati e ordinari in generale;

- BIANCHI: marmi a grana da fine a media caratterizzati da una estrema omogeneità e dal colore dal bianco puro al perlaceo. E' caratterizzato da un fondo bianco con rare venature grigie, la grana medio-fine (tipo Bianco Scaglia e Bianco Campaccio) ed è una delle varietà maggiormente ricercate. E' commercializzabile anche in volumetrie contenute, la richiesta del mercato è sempre alta; l'impiego infatti non è solo in progetto architettonici ma anche per la realizzazione di sculture, nella funeraria e nell'oggettistica in genere.

Verso il fondovalle, oltre la strada di collegamento ai siti Freddia – Pungitopo – Scaglia-Bardiglio, è presente il contatto merceologico sempre all'interno della formazione dei marmi s.s., con la varietà "Bardiglio" che però non è stato rilevato nel sito di cava.

In allegato si riportano le Tabelle A e B con le caratteristiche Fisico meccaniche e con le caratteristiche chimico-mineralogiche delle due varietà.

Per quanto riguarda la percentuale di materiale *non commerciabile*, si riferisce che il materiale che non viene ceduto come blocchi, semiblocchi ed informi da trasformare negli opifici locali o dell'area Apuo-versiliese, rappresenta ai sensi della L.R. n°35/2015 "*derivato dei materiali da taglio*" .

Le percentuali tra prodotto materiale da taglio (blocchi, etc.) e derivati sono riportate in dettaglio nella relazione tecnica esplicativa del piano di lavoro a cui si rimanda per maggiori dettagli.

7.0 – CARATTERISTICHE MINERALOGICHE DEL MATERIALE ESTRATTO

La composizione mineralogica del materiale escavato nella cava del Bacolaio, come riportato nelle Tabelle A e B allegate, esclude la presenza di minerali che possano comportare rischi per la salute pubblica e dei lavoratori. La composizione media del materiale estratto, da dati di bibliografia, è rappresentata per il 99.9% da carbonato di calcio (CaCO3).

Inoltre anche i processi di estrazione sono del tutto meccanici e non comportano uso di prodotti necessari per poter estrarre il minerale o per lavorazioni particolari.

8.0 - CARATTERI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI

8.1 – Caratteri generali

L'area in oggetto è soggetta a vincolo Idrogeologico (R.D.L. n° 3267 del 1923).

Il carattere idrografico saliente dell'area in studio è rappresentato dal Fosso dell' Acqua Bianca a carattere perenne che scorre ad est del sito e dai due fossi torrentizi ad esso tributari in sponda

sinistra che delimitano a nord ed a sud il sito estrattivo (rispettivamente il Fosso Guerciaccia e una fossa minore afferente nel Rio Ventagio). Entrambi i fossi hanno carattere prevalentemente stagionale, visto che durante l'estate quando i depositi di neve sono esauriti e gli apporti idrici molto scarsi, rimangono asciutti o con una portata molto scarsa, derivante comunque sempre da eventi meteorici di una certa importanza.

La forma morfologica dell'area delimitata dai versanti del M.te. Mirandola e del M.te. Pisanino tende di fatto a concentrare gli impluvi verso la base della valle, anche se questa non è sede di ristagni.

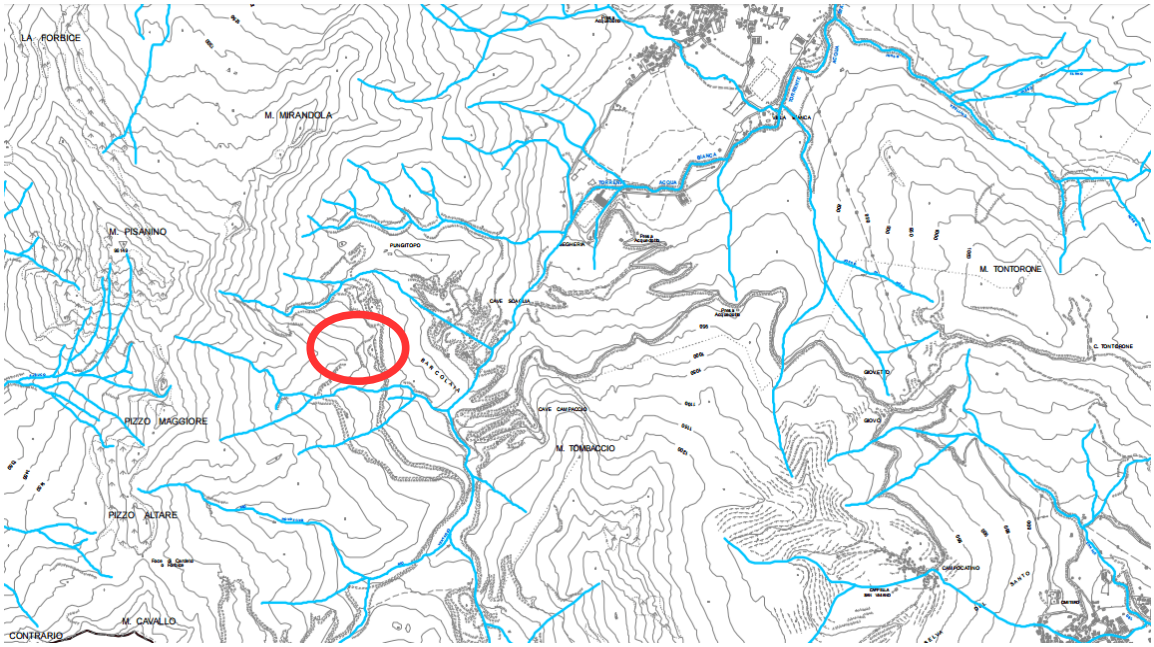


Figura 13: Stralcio della Carta reticolo idraulico e idrografico dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio Tavola 9.1, scala 1:25 000.-

Come già affermato l'area, essendo posta in un contesto montano e distante dai corsi d'acqua secondoil P.G.R.A. Aut. Bac. Distrettuale dell'Appennino Settentrionale non ricade nelle perimetrazioni della pericolosità idraulica.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area rispecchia la permeabilità e la struttura delle formazioni presenti; queste sulla base del tipo e grado di permeabilità sono state distinte in Tavola 5, Carta Idrogeologica, scala 1:5000 e Tavola 6, Sezioni Idrogeologiche, scala 1:5000.

I litotipi rappresentati possono essere suddivisi sotto l'aspetto idrogeologico in:

Litotipi permeabili per porosità: questa porosità detta anche "primaria" è caratteristica dei litotipi incoerenti, in cui esistono dei vuoti fra i granuli. Tra le formazioni presenti permeabili per porosità si ricordano:

Depositi detritici / ravaneti: questi accumuli detritici, sia artificiali che di versante, sono permeabili per porosità, in quanto incoerenti e costituiti da elementi a spigoli vivi, con ampia variazione granulometrica. Nei ravaneti non si riscontra la presenza di falda idrica, perché le acque meteoriche infiltratesi ed ivi circolanti vengono assorbite direttamente dal substrato calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo. La velocità di infiltrazione all'interno del substrato dipende dalla quantità di materiale fine presente nel corpo detritico.

Litotipi permeabili per fratturazione e carsismo: la permeabilità per fratturazione è legata alla presenza negli ammassi rocciosi di fessure. Il sistema più o meno continuo che esse formano determina il grado di permeabilità per fessurazione, proprietà acquisita e legata per lo più a fratture generate da sforzi tettonici. Dove la composizione dell'ammasso è favorevole, queste fratture possono essere allargate da fenomeni chimico-fisici che portano a processi di

dissoluzione con formazioni di cavità beanti. In particolare, il processo carsico, si verifica quando l'acqua circolante all'interno delle discontinuità si trova in condizioni di pressione e temperature idonee alla dissoluzione della roccia.

Tra le formazioni presenti si riconoscono i seguenti gradi di permeabilità, come indicato nell'allegato 7a del CISS – CGT, e riportato in dettaglio nella carta idrogeologica, Tavola 5:

Rocce ad alta permeabilità – classe V: rientrano in tale classe le formazioni dei marmi s.s. e dei marmi della Formazione di Arnetola, la cui composizione carbonatica prevalente consente ai fluidi di passaggio di esercitare processi chimici tipici determinandone localmente un rilevante sviluppo;

Rocce a medio-alta permeabilità – classe IV: rientrano in questa classe i calcari selciferi, i calcescisti ed i calcari ad Entrochi nei quali alcuni livelli (siliceii) risultano non aggredibili come i calcari puri dalle acque circolanti, pertanto la loro permeabilità risulta ridotta rispetto ai precedenti, anche se presentano un grado medio legato sia a fratturazione che a fenomeni carsici;

Rocce a medio-bassa permeabilità – classe II: rientra in questa calasse la formazione dei Diaspri. Queste formazioni presentano una limitata permeabilità derivante essenzialmente dallo stato di fratturazione; in queste formazioni non si sviluppa il fenomeno del carsismo ed inoltre il materiale di alterazione sovente di tipo impermeabile tende ad ostruire le fratture;

Rocce a bassa – molto bassa permeabilità – classe I : rientrano in questa classe le formazioni degli Scisti Sericitici può essere considerata come un livello impermeabile.

8.2 – Permeabilità dell'ammasso in esame

La permeabilità di un ammasso roccioso è in funzione della intensità e delle caratteristiche di fratturazione presenti, oltre che, per gli ammassi di natura calcarea, del carsismo.

Come è ovvio, la permeabilità risulterà maggiore in corrispondenza delle fratture che presentano maggior apertura e delle aree caratterizzate da una concentrazione della fratturazione (aree di finimento) o da evidente sviluppo del carsismo, condizione quest'ultima non contemplata nell'area studiata.

La presente stima è stata effettuata quindi partendo dalle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (vedi paragrafi seguenti).

In particolare è stata impiegata la seguente formula:

$$Ki = ge^3/12vb$$

Ki= permeabilità del sistema iesimo considerato;
g = accelerazione di gravità (981 cm/sec^2);
e = apertura media del sistema in cm;
v = viscosità cinematica dell'acqua alla Temp. di 20°C pari a 0.0101 cm^2/sec;
b = spaziatura media del sistema in cm;

che permette di stimare la permeabilità del sistema in oggetto.

La stima del valore di permeabilità medio dell'ammasso studiato, sarà data dalla sommatoria dei valori calcolati per i singoli sistemi:

$$Km = S\ Ki$$

Utilizzando i dati fisico-meccanici riportati nelle tabelle allegate e riferite ad ogni sistema, si ottengono i seguenti valori di permeabilità media dell'ammasso in esame:

Tabella 6

SISTEMA	PERMEABILITA' K in cm/sec
K1	1,5
K2	0,01
K3	2,4
K4	0,001
K5	2,2
K6	10
Ktmedio Ammasso	**2,7**

Sebbene l'esecuzione di queste stime abbia solo scopo d'indicatore generale, le valutazioni eseguite sono confrontabili.

Si può senz'altro asserire che l'ammasso mediamente presenta un valore di permeabilità di grado medio-alto, con valori più alti nelle aree intensamente fratturate (*finimenti e cappellaccio*) e valori minimi (o nulli) in corrispondenza delle aree più massive e meno fratturate.

Tabella 7

Grado di permeabilità	Alto	Medio	Basso	Molto basso	Impermeabile
Valore di K [m/s]	$> 10^{-3}$	10^{-3}-10^{-5}	10^{-5}-10^{-7}	10^{-7}-10^{-9}	$<10^{-9}$

Si ricorda che i valori stimati non tengono in considerazione quelli locali del JRC, poiché all'aumentare delle asperità aumentano anche le difficoltà dell'acqua a scorrere nella frattura, con ovvia riduzione e ridimensionamento dei valori sopra.

Si riportano di seguito alcune considerazioni di tipo qualitativo che tendono a ridurre ulteriormente il fenomeno dell'infiltrazione e quindi i valori di stima sopra riportati:

- le caratteristiche di apertura e spaziatura rilevate sono riferite ai fronti residui di coltivazione dove è presente un rilascio della roccia (detensionamento) progressivo, quindi, all'interno dell'ammasso roccioso, dove non è presente questo fenomeno, la stessa frattura potrebbe risultare meno aperta (confinamento laterale) ed il parametro spaziatura presenta valori maggiori;
- i valori di apertura inseriti sono quelli medi rilevati in campagna in corrispondenza del punto di campionamento: l'apertura reale risulta sicuramente inferiore a causa della rugosità stessa delle discontinuità che si oppone allo scivolamento dell'acqua e della stessa forma a grande scala di molte delle discontinuità (ondulata – V), che ne limita il movimento.

8.3 – Determinazione delle linee di flusso sotterranee

Le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche generali dell'area, rappresentata da rocce a composizione prevalentemente carbonatica su versanti acclivi, spiegano come nella zona non siano presenti aree a ristagno di acqua ed i canali/fossi abbiano prevalente comportamento stagionale, con deflusso delle acque superficiali limitato solo a periodi piovosi.

La fratturazione del substrato litoide favorisce la percolazione ed a luoghi la presenza di una copertura detritica porosa ne facilita la conseguente infiltrazione nel substrato carbonatico.

Tutta l'area di cava e quelle limitrofe sono costituite da depositi carbonatici (marmi s.s) con una permeabilità secondaria da media ad alta per *fratturazione e carsismo*, sebbene quest'ultimo fenomeno nella zona di studio non risulti sviluppato.

Nonostante le rilevanti estensioni dei litotipi carbonatici nel Bacino idrografico dell'Acqua Bianca, non è presente alcuna sorgente carsica di portata rilevante, tale condizione è probabilmente da imputare al fatto che le acque meteoriche vengono assorbite e convogliate per via sotterranea oltre i

confini del bacino idrografico stesso.

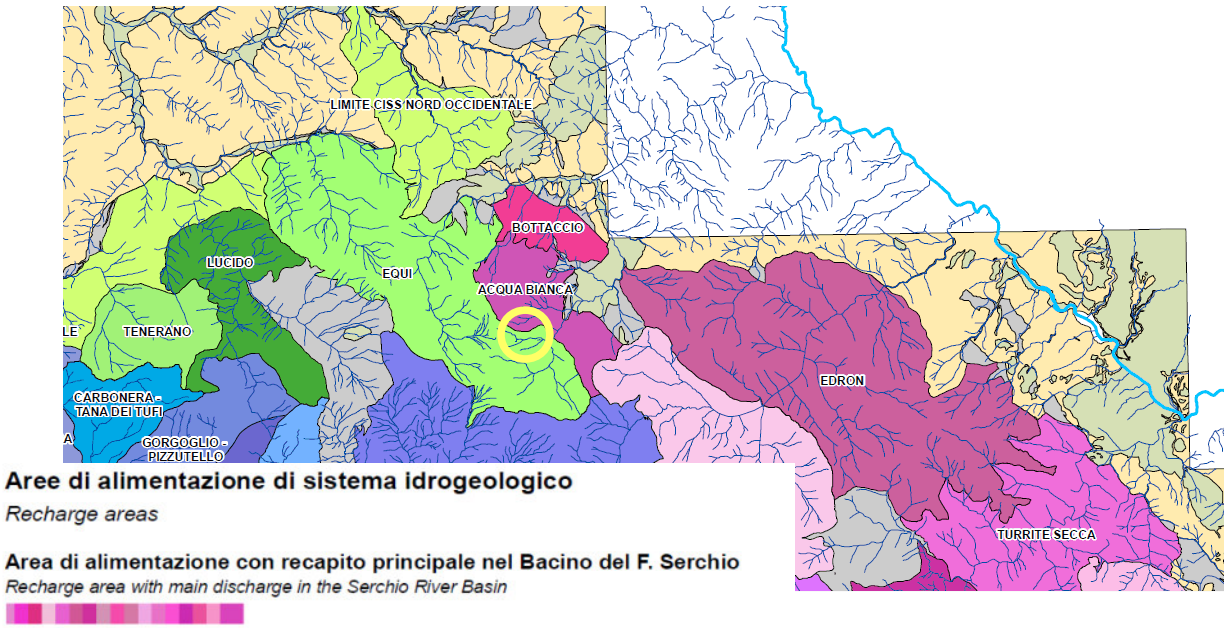


Figura 14 : stralcio carta “Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane” – Addendum – Allegato 9c – scala 1:100.000.

In particolare l'area di alimentazione del sistema idrogeologico del Fosso dell'Acqua Bianca (figura 14 e 15) è limitato ad Ovest dal complesso dei Diaspri dell'anticlinale della Tambura, ad Est e a nord dagli Scisti Sericitici impermeabili, mentre a sud il limite dell'area di alimentazione risulta ancora non ben definito a causa della complessità strutturale della zona interessata da pieghe a grande scala (sinclinale di Orto di Donna, anticlinale del Monte Tambura e sinclinale di Gorfigliano) che renderebbero difficoltoso individuare le direzioni di flusso sotterranee.

Dai dati a disposizione le acque di parte del Bacino di Acquabianca si indirizzano presso le sorgenti di Equi così come evidenziato dagli studi riguardanti il complesso Saragato - Buca dell'Aria Ghiaccia (Guidotti Malcapi 2002).

L'area di intervento, comunque, rimane di incerta attribuzione in quanto posta a cavallo tra il bacino di alimentazione delle Sorgenti di Equi, poste a NW, e le sorgenti dell'Acquabianca poste ad Est.

Le sorgenti più rilevanti, della zona, per portata d'acqua (Fracassata e Preto Marone, 30-20 l/sec) ubicate in sponda destra del Fosso dell'Acqua Bianca ad una quota compresa tra 665 e 775 m s.l.m., sono riferibili ad un acquifero costituito da una porzione di marmi, depositi detritici e morenici a contatto con un substrato impermeabile rappresentato da Scisti Seriticici (Piccini, Pranzini 1989).

In tali settori del Bacino dell'Acqua Bianca, come riportato in allegato 9c dello Studio del CGT e cartografia annessa (figura 15), le grandi strutture geologiche che caratterizzano l’area sembrano confermare una certa corrispondenza tra bacino idrogeologico e bacino idrografico

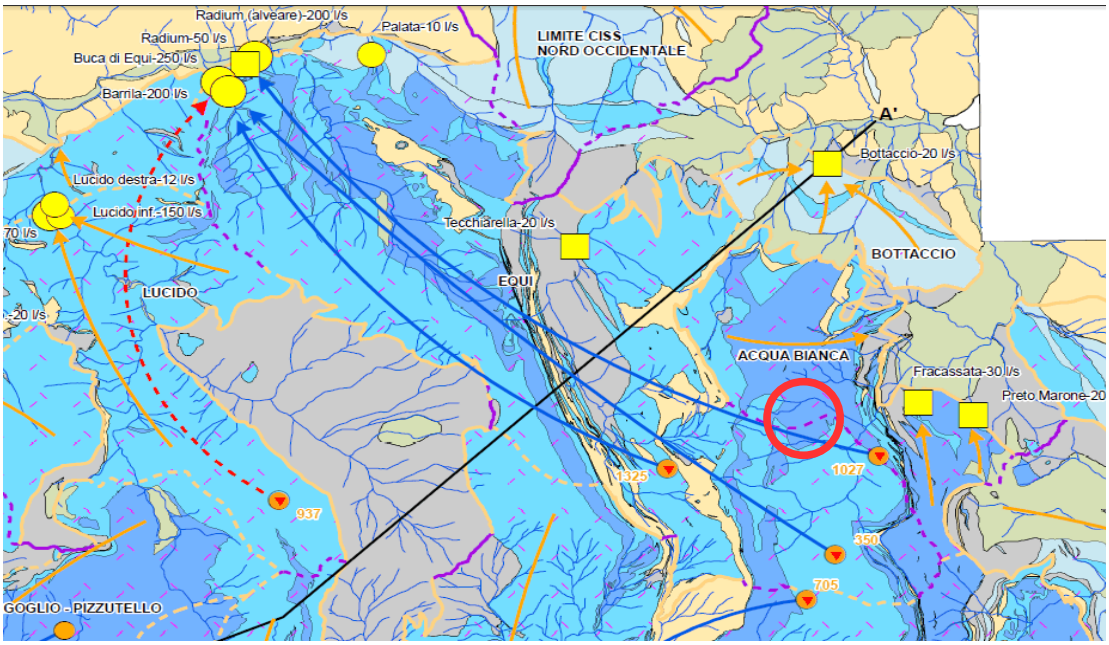
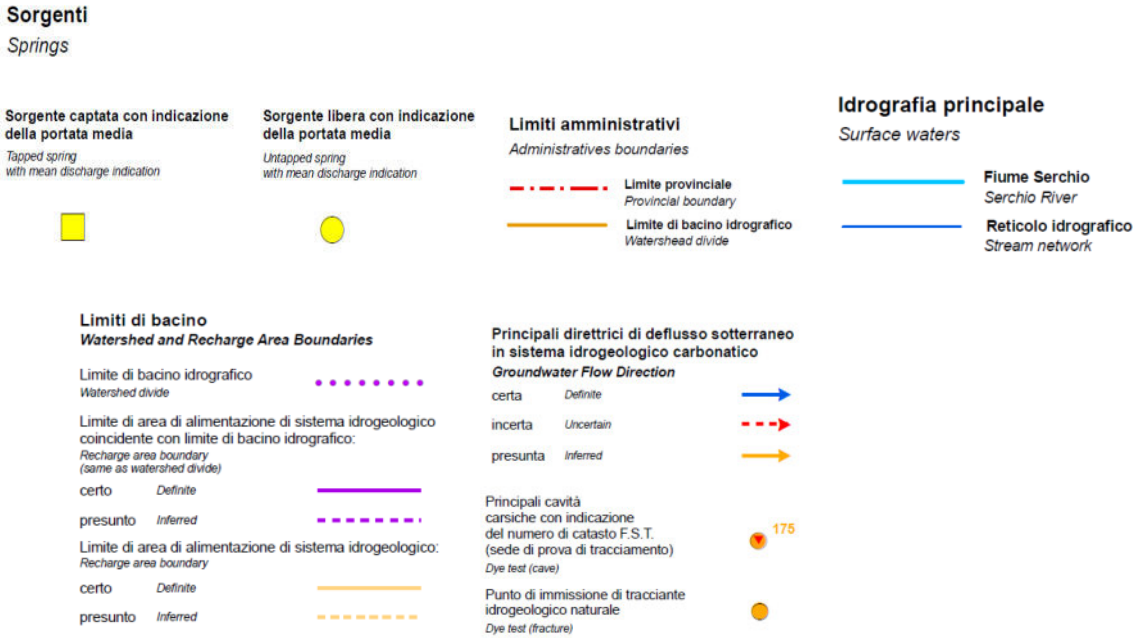


Figura 15: stralcio carta “Aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici del CISS delle Alpi Apuane” – Addendum – Allegato 9a – scala 1:50.000.



I limiti in tratteggio presenti in altri settori del bacino dell'Acqua Bianca indicano invece che l’andamento delle linee sotterranee non è definibile in modo certo e possibili collegamenti possono sussistere con i sistemi idrogeologici adiacenti. Un rapido confronto con la “carta della vulnerabilità degli acquiferi” mette in evidenza una diversa interpretazione degli spartiacque sotterranei.

Ciò è da attribuirsi probabilmente alle difficoltà di collegare le strutture principali di superficie con il reale andamento del reticolo carsico sotterraneo, condizione comune anche ad altre aree apuane specie dell’area garfagnina (esempio area della Carcaraia).

L’area in particolare, vedi figura sopra, ricade in una zona in cui gli studi al momento possono solo “*presumere*” potenziali collegamenti tra la fratturazione o meglio le strutture carsiche più superficiali con le sorgenti apuane, senza alcune certezza vista nel caso in esame non solo la distanza con tali emergenze ma soprattutto l’assenza di cavità carsiche o altre forme simili in tutta l’area di cava

ed in un intorno significativo.

L'area in studio rimane per la natura del suo substrato comunque ad "*elevata vulnerabilità*" secondo la carta tematica del Civita et a. sulla vulnerabilità del corpo carbonatico apuano, con valori da 50-70 sintacs (figura 16).

A conclusione del presente studio, nonostante sia dimostrata in vari casi l'esistenza di collegamenti con il sistema carsico, condizione valida per tutte le cave che insistono nell'area apuana senza distinzione, la coltivazione delle cave può comunque essere mantenuta, così come riportato nelle relazioni tecniche presentate ed approvate dagli Enti e come affermato dal Prof. Leonardo PICCINI dell' Univ. Di Firenze nella sua relazione datata 2003 "Parere Tecnico Relativo all'Impatto sulle Acque Sotterranee dei Fanghi di lavorazione della Cava della Focolaccia-Piastramarina (Massa-Minucciano)".

Riprendendo il lavoro di quest'autore, si vuole mettere in evidenza che le problematiche di intorbidimento delle sorgenti possono essere ricondotte non solo alla condizione attuale, in cui peraltro le cave operano con recuperi e depurazioni delle acque di lavorazione pena mancanza d'acqua in estate, sanzioni penali ed il fermo dell'attività, ma soprattutto a vecchi depositi concentratisi nelle cavità carsiche e che vengono rimessi in moto durante periodi di forti precipitazioni.

La polvere di marmo veicolata dall'acqua si muove inizialmente nei condotti carsici verticali con una velocità elevata; una volta arrivata nella zona epifreatica il gradiente idraulico cala bruscamente e la marmettola si accumula nelle parti depresse dei condotti carsici.

In condizioni di forte flusso idrico (dopo eventi meteorici importanti) si origina un rimescolamento dei depositi; in questo caso l'acqua, quando l'energia è tale da prendere in carico le particelle di marmo depositatesi, inizia il trasporto di marmettola.

Nella cava in esame, sebbene si preveda di tagliare a secco almeno con le tagliatrici a catena dentata, mentre risulta più difficile impiegando il filo gommato/plastificato per ragioni di sicurezza, si ritiene che il mettere in atto gli accorgimenti generali quali quelli di sotto indicati, possa evitare il problema:

- i quantitativi di oli nuovi saranno stoccati all'interno dell'area servizi nel sotterraneo con vasca di contenimento sottostante;
- le manutenzioni ordinarie saranno eseguite all'interno dell'area adibita. In caso di cambio olio o rabbocchi gli oli saranno portati sul luogo immediatamente prima l'esecuzione dell'intervento. Di norma, si preferirà lasciare il cambio oli e filtri al personale delle Ditte fornitrici delle macchine MMT;
- i carburanti saranno stoccati in apposita cisterna, a norma di legge, al coperto, dotata di pistola erogatrice, di lucchetto onde evitare sversi durante i rifornimenti o l'accesso a terzi;
- eventuali modesti quantitativi di olio esausto saranno contenuti all'interno dell'area servizi al coperto in apposito contenitore per essere poi conferiti alle ditte che si occupano del loro recupero e smaltimento;
- saranno posizionati contenitori di sostanze oleoassorbenti al fine di arginare tempestivamente sversi accidentali impedendo la contaminazione delle acque superficiali e profonde;
- la gestione dei rifiuti sarà condotta secondo quanto già illustrato nella relazione di progetto;
- nel caso durante l'intervento si intercetti una frattura beante, questa sarà occlusa mediante posizionamento in loco di materiale inerte ricoperto con materiale argilloso o in condizioni particolari cementando la superficie in modo da rendere impermeabile il pavimento;
- le acque tecniche derivanti dalla coltivazione (tagli a filo) saranno raccolte al piede del taglio e subiranno una chiarificazione nell'ambito di un ciclo chiuso che non prevede scarico, impiegando sistemi a sacchi filtranti per la loro depurazione-chiarificazione;
- gestendo le acque meteoriche in modo da evitare il loro passaggio all'interno delle aree in momentanea lavorazione.

8.4 – Qualità dei corpi idrici e loro vulnerabilità

Il problema della vulnerabilità degli acquiferi sulle Apuane è piuttosto rilevante, in quanto le estese aree carbonatiche, proprio per le loro caratteristiche di elevata permeabilità, possono rappresentare delle aree di facile infiltrazione per inquinanti di varia natura. Infatti, le fratture, associate al carsismo, sono mezzi di potenziale e diretta infiltrazione di inquinanti all'interno degli ammassi rocciosi.

In particolare il problema è sentito nelle aree a vocazione estrattiva, dove l'attività svolta, se non organizzata, può essere fonte di inquinamento a causa della dispersione dei lubrificanti o di altri potenziali inquinanti sul terreno.

L'area in esame è classificata ad alta vulnerabilità (50-70 valori sintacs) per gli acquiferi, vedi "Carta della Vulnerabilità degli acquiferi delle Alpi Apuane" (Civita et ali, 1991), stralcio riportato in Figura 16 seguente.

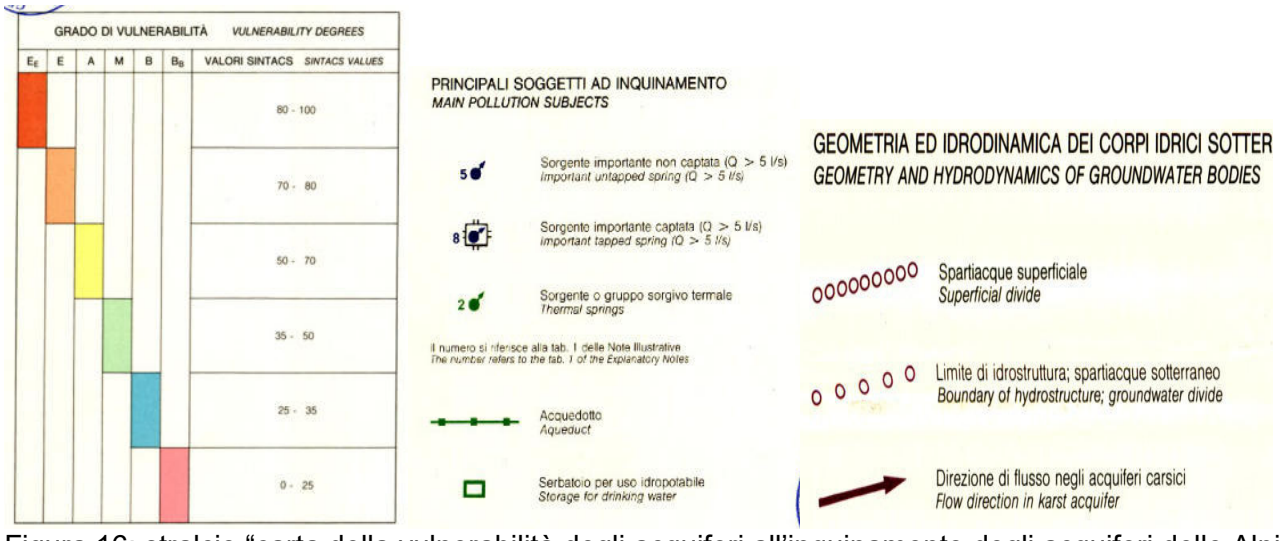


Figura 16: stralcio "carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento degli acquiferi delle Alpi Apuane" – M. Civita – fuori scala

Al fine di contenere al minimo il rischio di inquinamento dell'acquifero sopra definito nel cantiere in oggetto:

- i quantitativi di olio minerale saranno stoccati in contenitori posti al coperto e protetti dagli agenti

atmosferici, all'interno di container, dotati di vasca di contenimento per eventuali sversi;

- i carburanti saranno contenuti in appositi serbatoi metallici, chiusi, a norma di legge, muniti di pistola erogatrice con lucchetto di sicurezza così da evitare dispersioni durante il rifornimento dei mezzi e la possibilità di utilizzo da terzi;
- gli oli esausti saranno contenuti in area coperta, in apposito contenitore, a norma di legge, per essere poi smaltiti secondo le normative vigenti (consegna a Ditte specializzate nella raccolta e recupero/smaltimento);
- la marmettola di maggiore granulometria prodotta con i tagli della tagliatrice a catena verrà direttamente insaccata al momento del taglio e consegnata a Ditte che si occuperanno del suo smaltimento/recupero;
- la marmettola di granulometria fine proveniente dai tagli a filo diamantato verrà contenuta in aree localizzate in prossimità dei tagli per essere pompata, assieme alle acque reflue, nelle vasche metalliche di decantazione munite di sacchi filtranti, all'interno dei quali avviene la separazione tra le fasi. La fase solida verrà fatta essiccare sui sostegni e successivamente conferita a Ditte specializzate, quella liquida andrà nei depositi di decantazione/stoccaggio acque depurate. Il sistema potrà essere integrato con un decantatore conico verticale (silo) dotato di valvola di scarico per i fanghi e pompe di rilancio delle acque depurate.

Si segnala che sebbene l'escavazione attuale e futura intercetti una serie di percorsi di filtrazione delle acque che attraversano l'ammasso (zona di percolazione), la falda vera e propria si trova a profondità tale non essere direttamente interessata dall'escavazione.

Il mantenere in atto le disposizioni sopra elencate con particolare riferimento alla gestione degli idrocarburi e delle acque tecniche di lavorazione, permette di evitare problematiche di intorbidimento o inquinamento delle falde.

In caso durante lo sviluppo della coltivazione si dovessero intercettare fratture ampiamente carsificate, si provvederà alla loro impermeabilizzazione (pavimento) con bentonite o con cemento.

Carrara, Giugno 2020

Il Legale Rappresentante **I Geologi**

Sig. Davide PARDINI

STONE WORKING S.A. DE C.V
QUARRIES & MINING
PROCESSING.

Dott. Brunello FORFORI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. BRUNELLO FORFORI
N° 1033

Dott. Massimo CORNIANI

COLLEGIO DEI PERITI INDUSTRIALI E DEI PERITI INDUSTRIALI LAUREATI
MASSA CARRARA
Massimo Per. Ind. Corniani

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. MASSIMO CORNIANI
N° 007
sez. B

FIGURE E TABELLE CITATE NEL TESTO

SISTEMA		K1	K2	K3	K4	K5	K6
PERSISTENZA	non pers	0%	3.6%	8.6%	1.5%	6.7%	1.3%
	subpers.	1.3%	10.7%	2.8%	1.5%	13.3%	2.7%
	pers.	98.7%	85.7%	88.6%	97%	80%	96%
PERSISTENZA (m)	min.	2.5	0.8	0.5	0.7	1	6
	max.	20	10	10	10	20	20
	med..	10.6	8.7	9.2	9.7	10.3	11.4
CLASSI DI PERSISTENZA (m)	0-1	0%	10.7%	8.6%	1.6%	0%	0%
	1-3	1.3%	3.6%	0%	1.6%	13.3%	0%
	3-10	0%	0%	0%	0%	6.7%	1.3%
	10-20	91.9%	85.7%	91.4%	96.8%	60%	83.8%
	20-50	6.8%	0%	0%	0%	20%	14.9%
	>50	0%	0%	0%	0%	0%	0%
SPAZIATURA (cm)	min.	15	5	10	5	20	5
	max.	326	743	240	220	707	453
	med.	85.3	164.9	100.4	66.2	250.7	77.1
CLASSI DI SPAZIATURA (cm)	0-2	0%	8.3%	0%	0%	0%	0%
	2-6	0%	0%	0%	20%	0%	0%
	6-20	20%	16.7%	14.3%	40%	34%	28.6%
	20-60	30%	33.3%	28.6%	20%	31%	21.4%
	60-200	40%	16.7%	42.8%	0%	0%	42.8%
	200-600	10%	16.7%	14.3%	20%	0%	7.2%
	>600	0%	8.3%	0%	0%	35%	0%
FORMA (scabrezza a g.s.)	II	5.4%	10.7%	5.7%	1.6%	0%	4.1%
	V	28.4%	25%	28.6%	40.6%	40%	55.4%
	VIII	66.2%	64.3%	65.7%	57.8%	60%	40.5%
ALTERAZIONE	Assente	63.5%	100%	82.9%	64.1%	73.3%	74.3%
	Ox/Spalm.	28.4%	0%	17.1%	35.9%	26.7%	24.3%
	Carsif.	8.1%	0%	0%	0%	0%	1.4%
	Concrez.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Ox/Carsif.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
APERTURA (mm)	min.	0	0	0	0	0	0
	max.	50	7	30	2	20	400
	med.	2.5	0.6	3.1	0.1	4.1	14.8
CLASSI DI APERTURA (mm)	0-0.5	64.9%	64.3%	60%	70.3%	53.3%	47.3%
	0.5-2.5	5.4%	0%	0%	1.6%	6.7%	1.3%
	2.5-10	1.3%	7.1%	17.1%	0%	6.7%	4.1%
	10-100	6.8%	0%	8.6%	0%	20%	5.4%
	>100	0%	0%	0%	0%	0%	2.7%
	ESP.	21.6%	28.6%	14.3%	28.1%	13.3%	39.2%
RIEMPIMENTO	Assente	93.2%	100%	82.8%	100%	93.3%	89.3%
	Terra	6.8%	0%	8.6%	0%	0%	2.7%
	Sassi	0%	0%	8.6%	0%	0%	4%
	Concrezioni	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Sassi/Terra	0%	0%	0%	0%	6.7%	4%
	Sas./Ter./Con.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ACQUA	Assente	89.2%	82.1%	88.6%	90.6%	93.3%	78.4%
	Umidità	8.1%	10.7%	0%	4.7%	6.7%	10.8%
	Venute	2.7%	7.2%	11.4%	4.7%	0%	10.8%
JCS (MPa)	Min.	45	45	45	45	45	45
	Max.	55	55	55	55	55	55
	Media	50	50	50	50	50	50
JRC (Joint Roughness Coefficient)	0 - 2	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	2 – 4	52.7%	71.4%	77.2%	32.8%	46.6%	60.8%
	4 – 6	36.5%	17.9%	17.1%	53.1%	26.7%	21.6%
	6 – 8	8.1%	10.7%	5.7%	14.1%	13.3%	8.1%
	8 – 10	2.7%	0%	0%	0%	6.7%	1.4%
	10 – 12	0%	0%	0%	0%	6.7%	8.1%

Tabella 8: Parametri fisico-meccanici dei sistemi di discontinuità rilevati – area produttiva Dominio strutturale 1.

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS

Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>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 (See E)		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 thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
	Rating		30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal σ)	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
	Rating		15	10	7	4	0		

B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)

Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	

C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS

Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21
Class number	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

D. MEANING OF ROCK CLASSES

Class number	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions

Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Rating	6	4	2	1	0
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Rating	6	5	4	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided
Rating	6	5	3	1	0
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm
Rating	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed
Ratings	6	5	3	1	0

F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**

Strike perpendicular to tunnel axis		Strike parallel to tunnel axis	
Drive with dip - Dip 45 - 90°	Drive with dip - Dip 20 - 45°	Dip 45 - 90°	Dip 20 - 45°
Very favourable	Favourable	Very unfavourable	Fair
Drive against dip - Dip 45-90°	Drive against dip - Dip 20-45°	Dip 0-20 - Irrespective of strike°	
Fair	Unfavourable	Fair	

* Some conditions are mutually exclusive . For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.

** Modified after Wickham et al (1972).

Tabella 9: Parametri generali di riferimento classificazione di Bieniawski.-

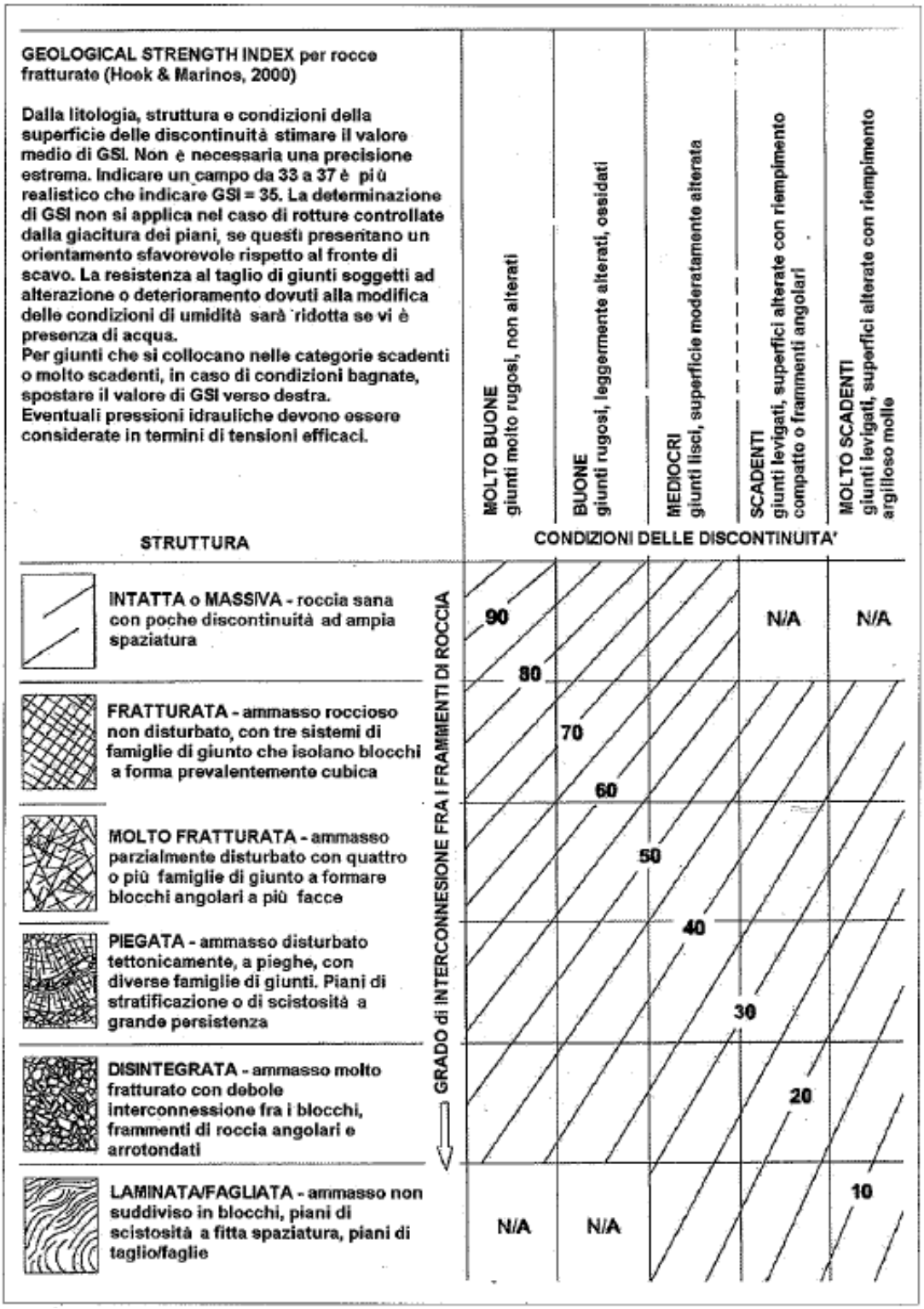


Tabella 10 – Stima visiva del GSI

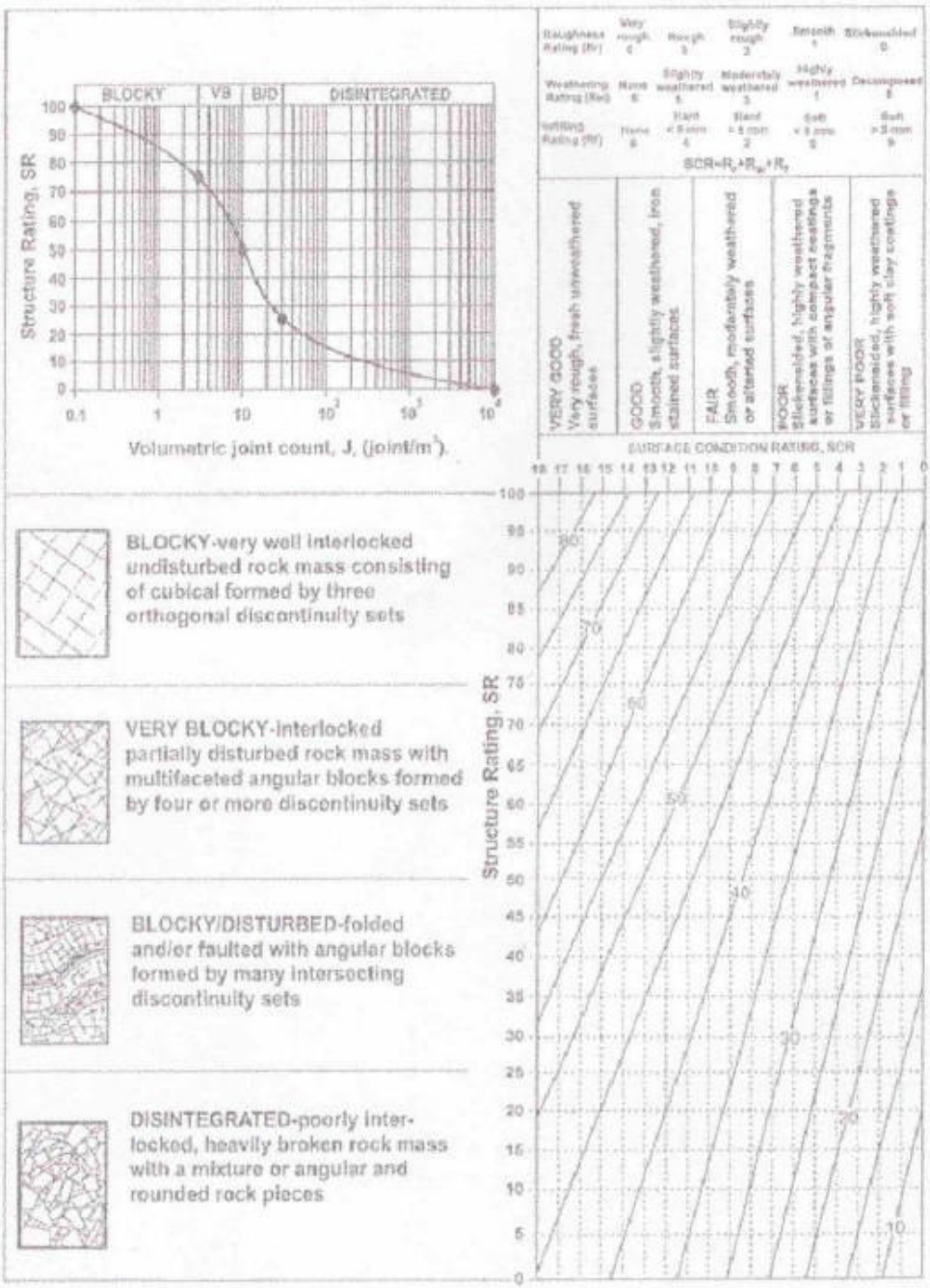


Tabella 11: Diagrammi per la definizione del GSI – Somnez-Uluzay.-

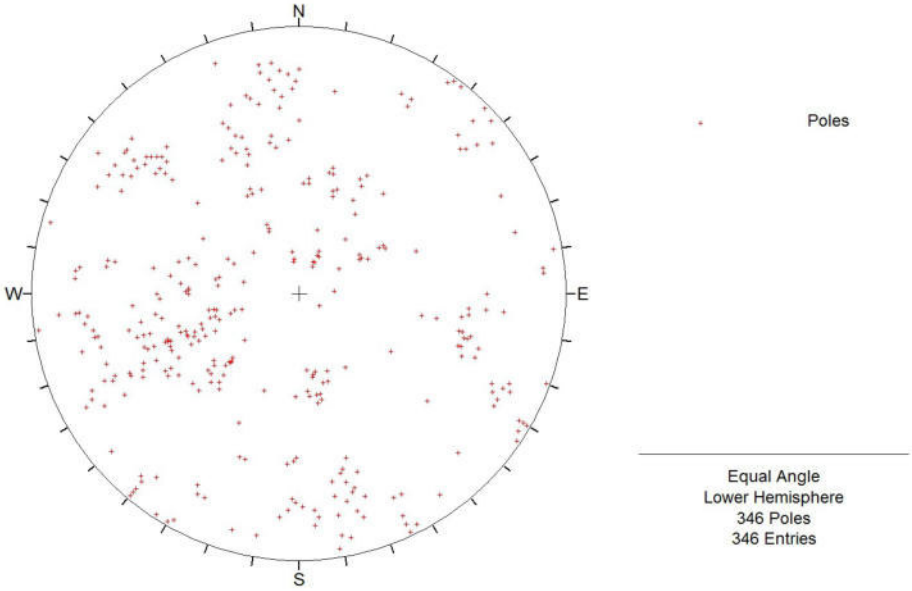


Figura 17: proiezione polare dei poli rilevati

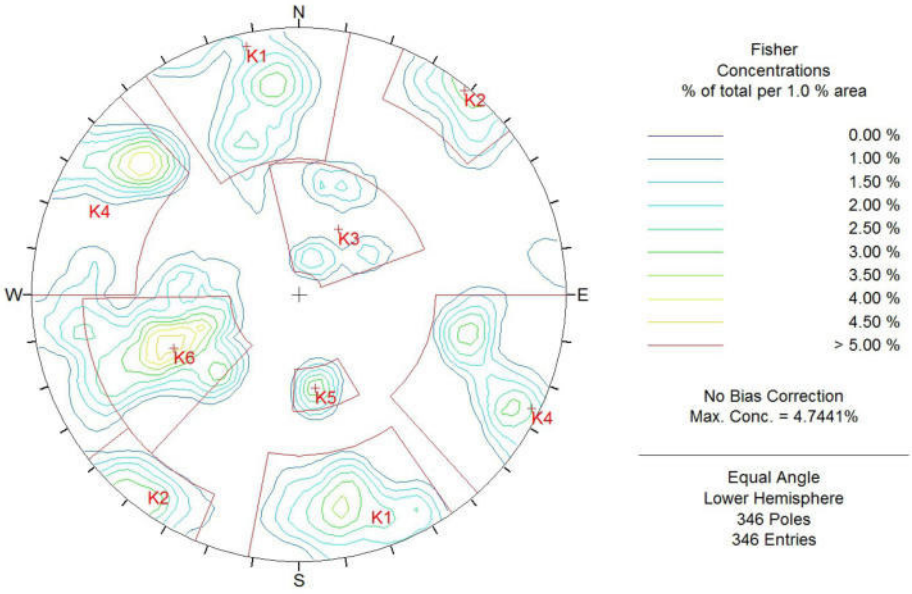


Figura 18: massimi di frequenza e principali sistemi rilevati

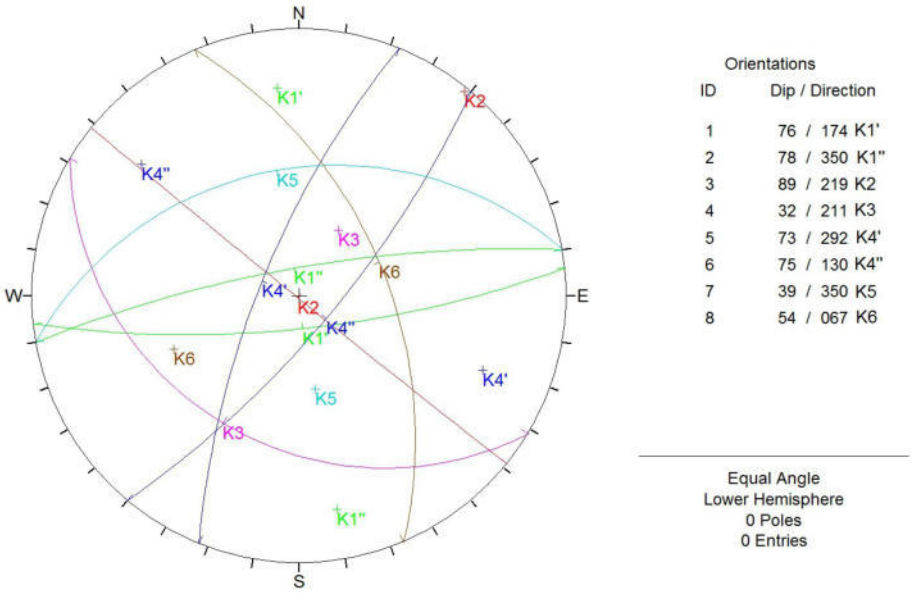


Figura 19 - piani rappresentativi dei sistemi

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1.0
Residuo			0.01
MINERALI	Principali	Calcite	99.99
		Dolomite	0.0
	Minori	Muscovite	
		Pirite	
		Albite	
		Quarzo	

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	44.00
MgO	0.22
Al_2O_3	0.02
SiO_2	0.02
K_2O	0.01
CaO	55.47
TiO_2	0.00
MnO	0.06
Fe_2O_3	0.06

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1317
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1194
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	151
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	8.1
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0.15
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME		2688
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	33.8
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	649000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	8.73

Tabella A: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Ordinario.

CARATTERISTICHE CHIMICO-MINERALOGICHE			
COMPOSIZIONE MINERALOGICA			% IN PESO
Magnesio nella Calcite			1.0
Residuo			tracce
MINERALI	Principali	Calcite	100
		Dolomite	
	Minori		tracce

ANALISI CHIMICHE	% in peso
CO_2	44.00
MgO	0.46
Al_2O_3	0.01
SiO_2	0.01
K_2O	0.01
CaO	55.19
TiO_2	0.00
MnO	0.06
Fe_2O_3	0.06

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
1.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE	Kg/cmq	1426
2.0 CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE DOPO CICLI DI GELIVITA'	Kg/cmq	1268
3.0 CARICO DI ROTTURA A FLESSIONE	Kg/cmq	185
4.0 DILATAZIONE LINEARE TERMICA	10^{-6} per °C	3.2
5.0 COEFFICIENTE DI IMBIBIZIONE D'ACQUA	% in peso	0.13
6.0 PESO PER UNITA' DI VOLUME	Kg/mc	2687
7.0 RESISTENZA ALL'URTO	cm	58.8
8.0 MODULO DI ELASTICITA' LINEARE	Kg/cmq	691000
9.0 RESISTENZA ALL'ABRASIONE	mm	6.52

Tabella B: Caratteristiche chimico-mineralogiche e fisico-meccaniche della qualità merceologica Bianco tipo Acquabianca.

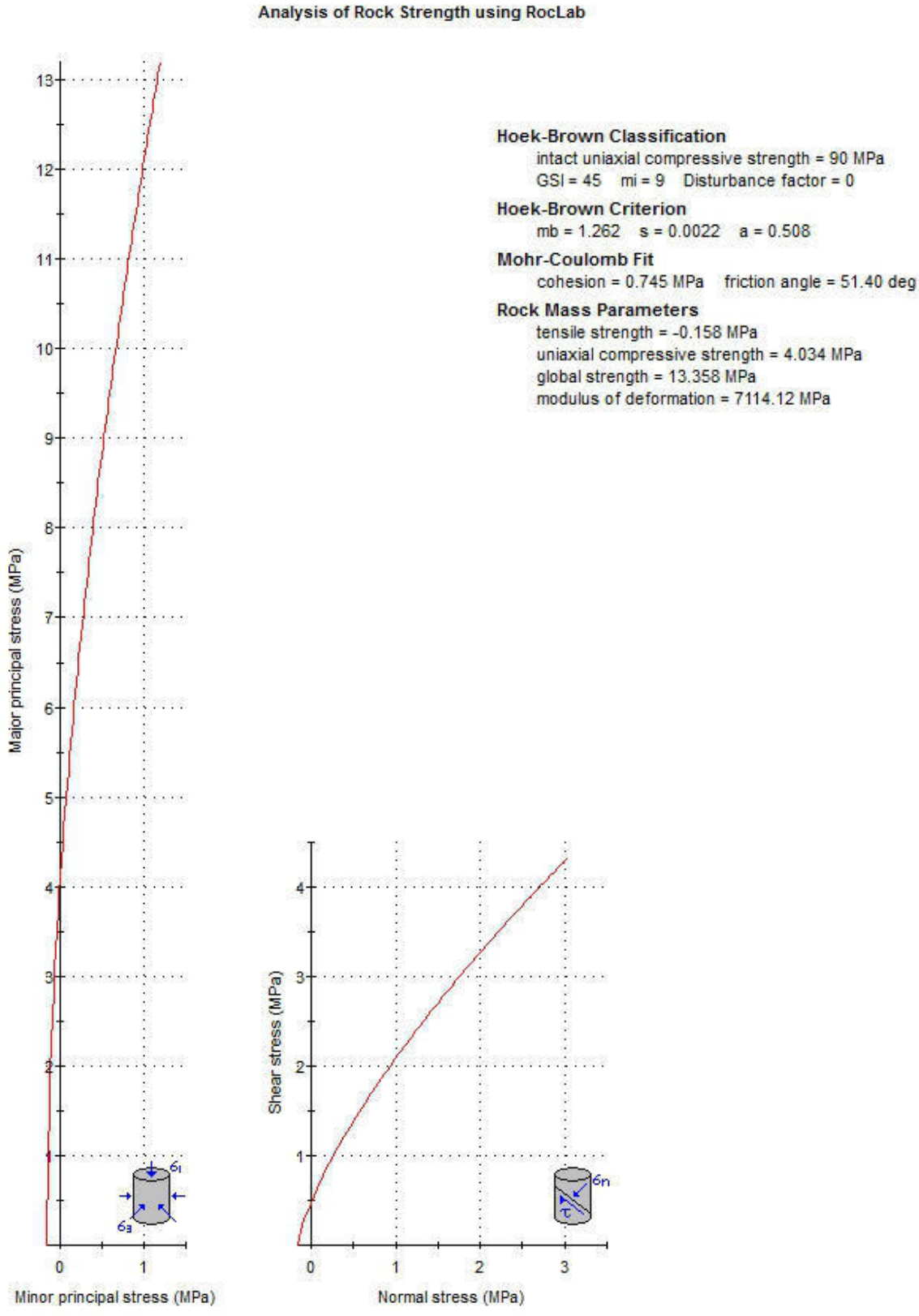


Figura 20 - Dominio 1 - GSI 45

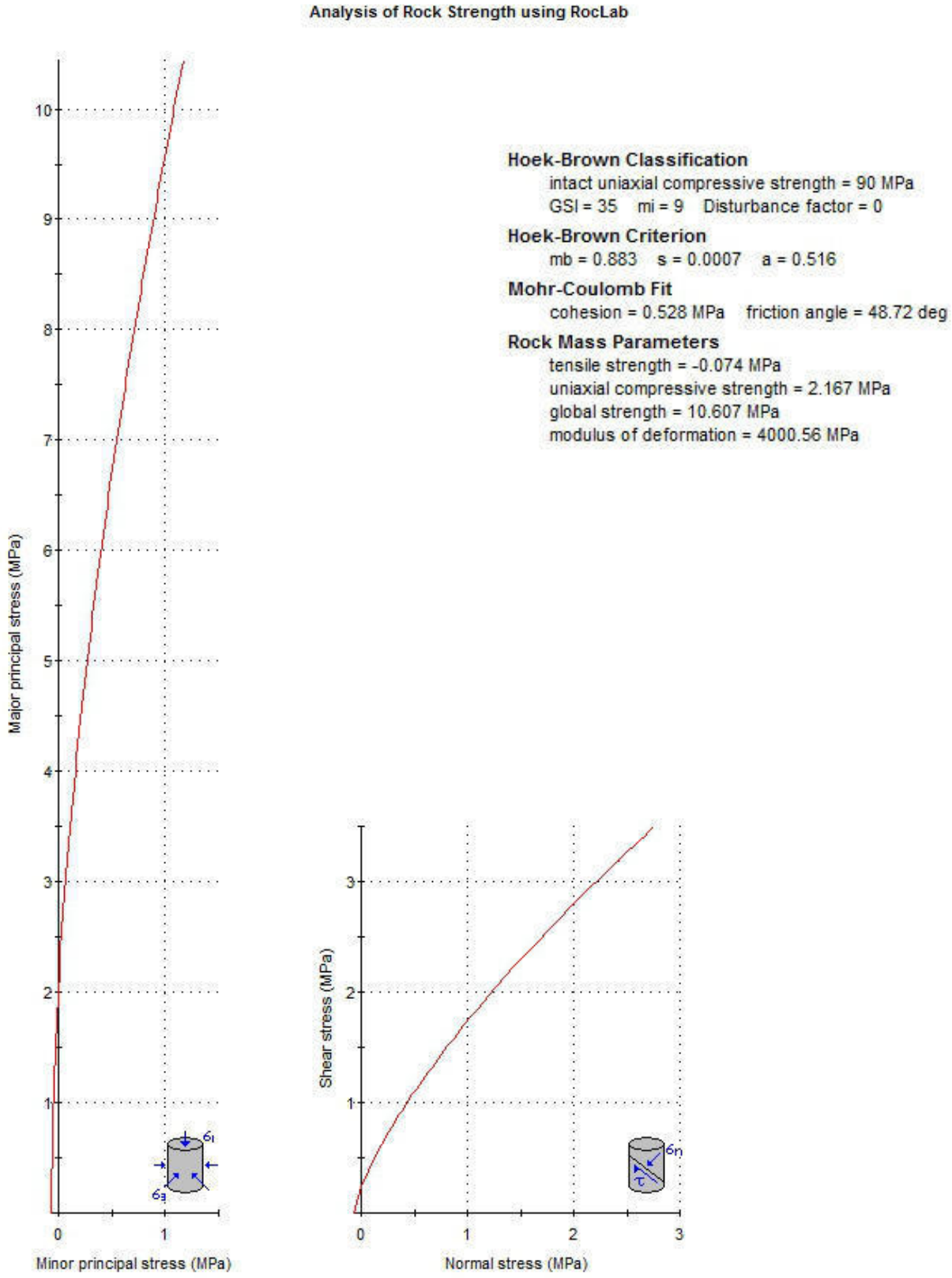


Figura 21 - Dominio 2 - GSI 35

DOCUMENTAZIONE

FOTOGRAFICA

CAVA BACOLAIO

Stralcio cartografico fuori scala con punti scatto foto

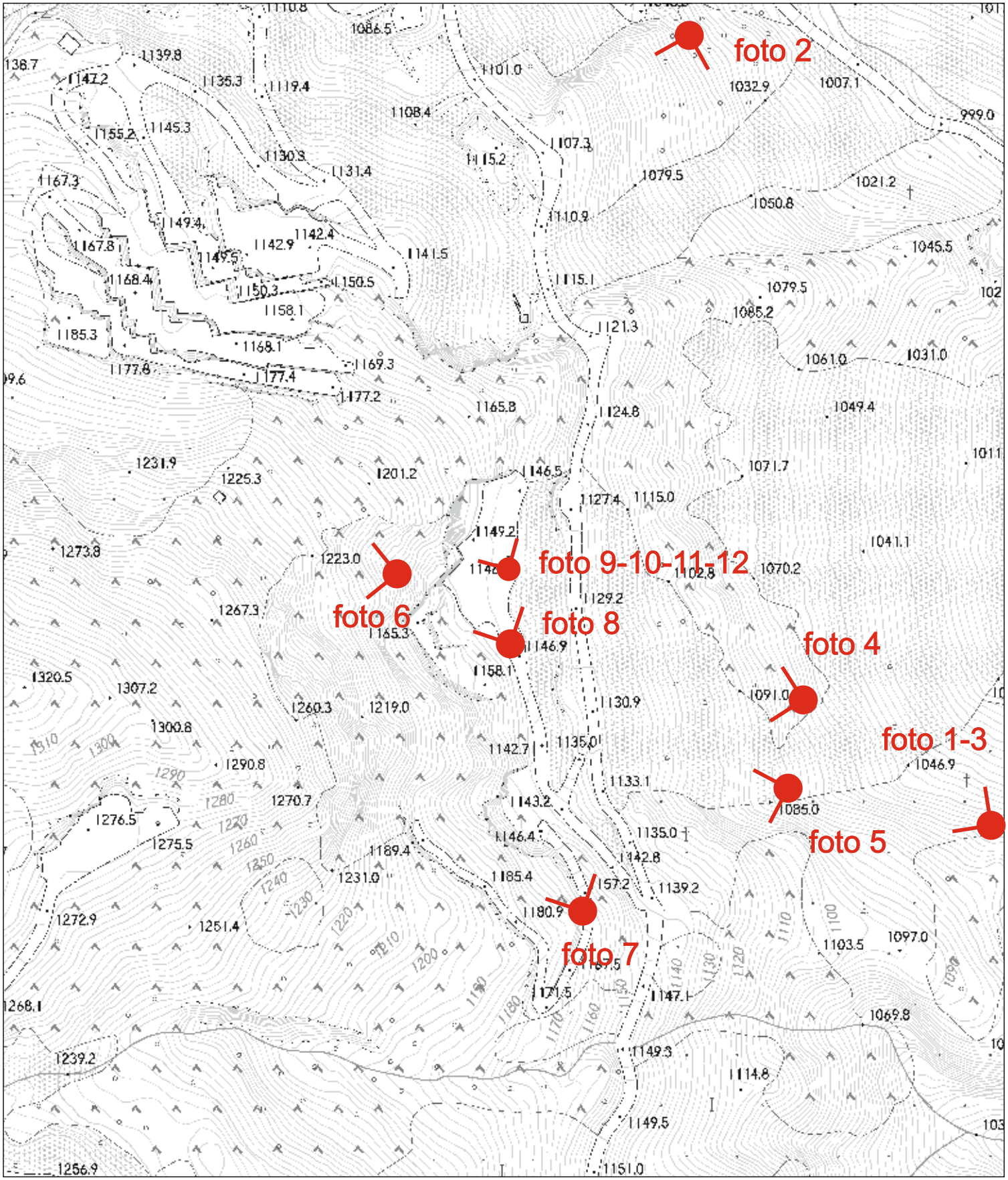


FOTO 1: panoramica con evideziata in rosso la Cava Bacolaio, geomorfologicamente si riconoscono forme pluviali (incisioni, balze e torrioni, valli a V) impostate su forme glaciali (circhi, superfici a dorso d'asino, valli a U)

FOTO 2: panoramica della Cava Bacolaio evidenziata in rosso da cava Scaglia-Bardiglio; in primo piano sulla destra sono visibili i fronti della Cava Freddia e il sottostante ravaneto

FOTO 3: panoramica frontale della Cava Bacolaio; in giallo è evidenziata strada di arroccamento di accesso alla parte superiore del sito; centralmente vi sono i fronti residui della cava e il sottostante ravaneto storico

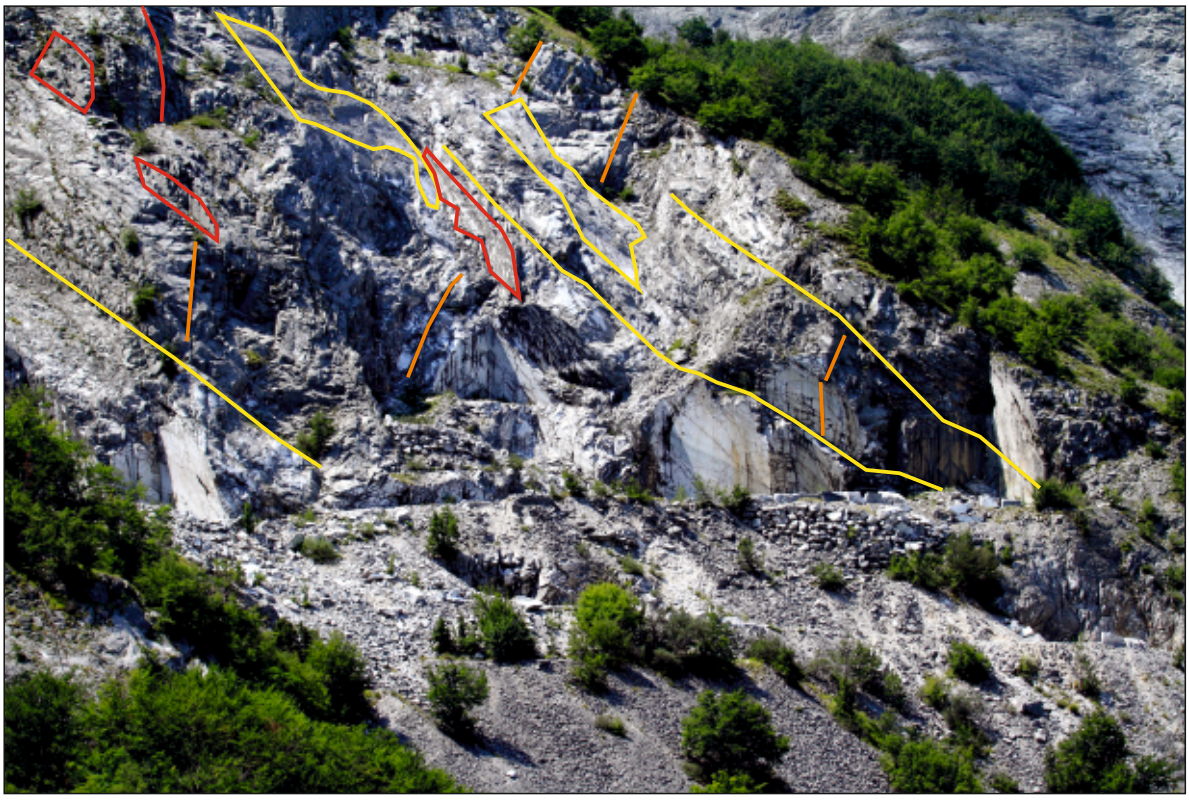


FOTO 4: vista frontale della Cava Bacolaio; in giallo si evidenzia sistema K6, in rosso sistema K1, in arancione il sistema K4

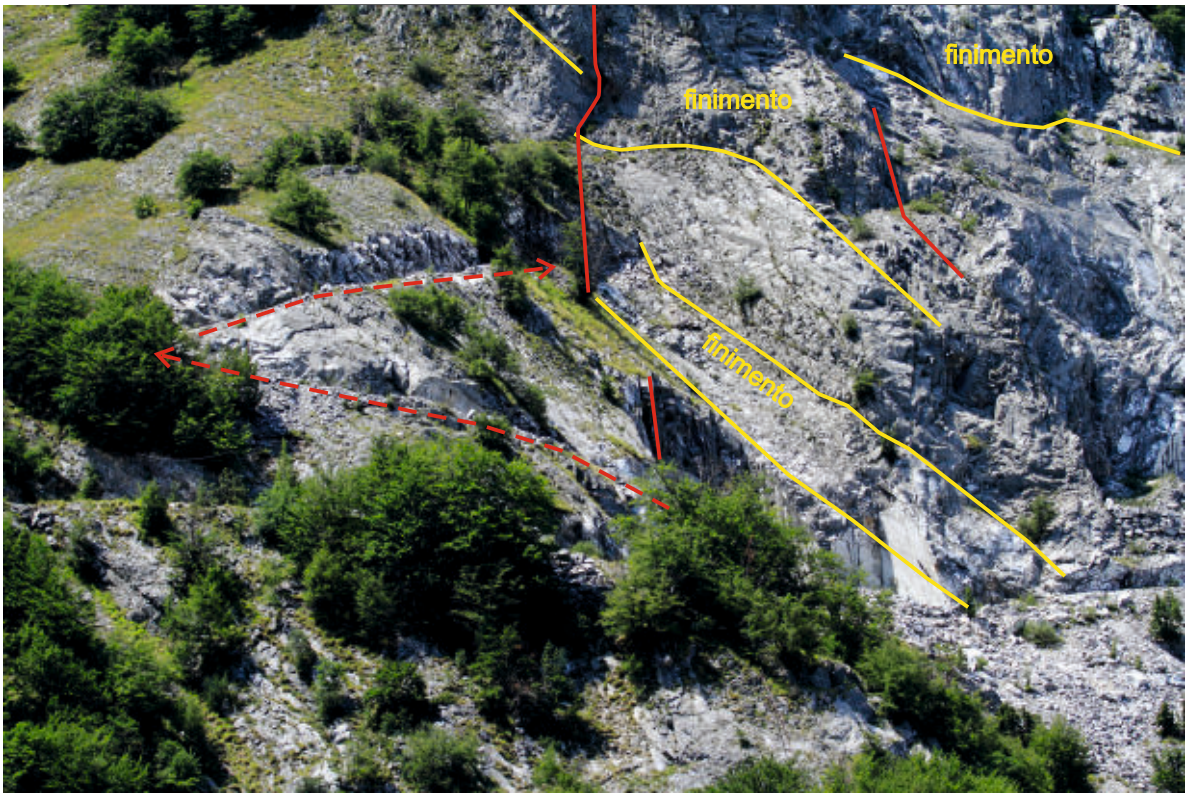


FOTO 5: vista della porzione meridionale del sito con visibile la strada di arroccamento di accesso alla parte superiore del giacimento (evidenziata in rosso tratteggiato); in giallo sistema K6 che isola fasce di finimento

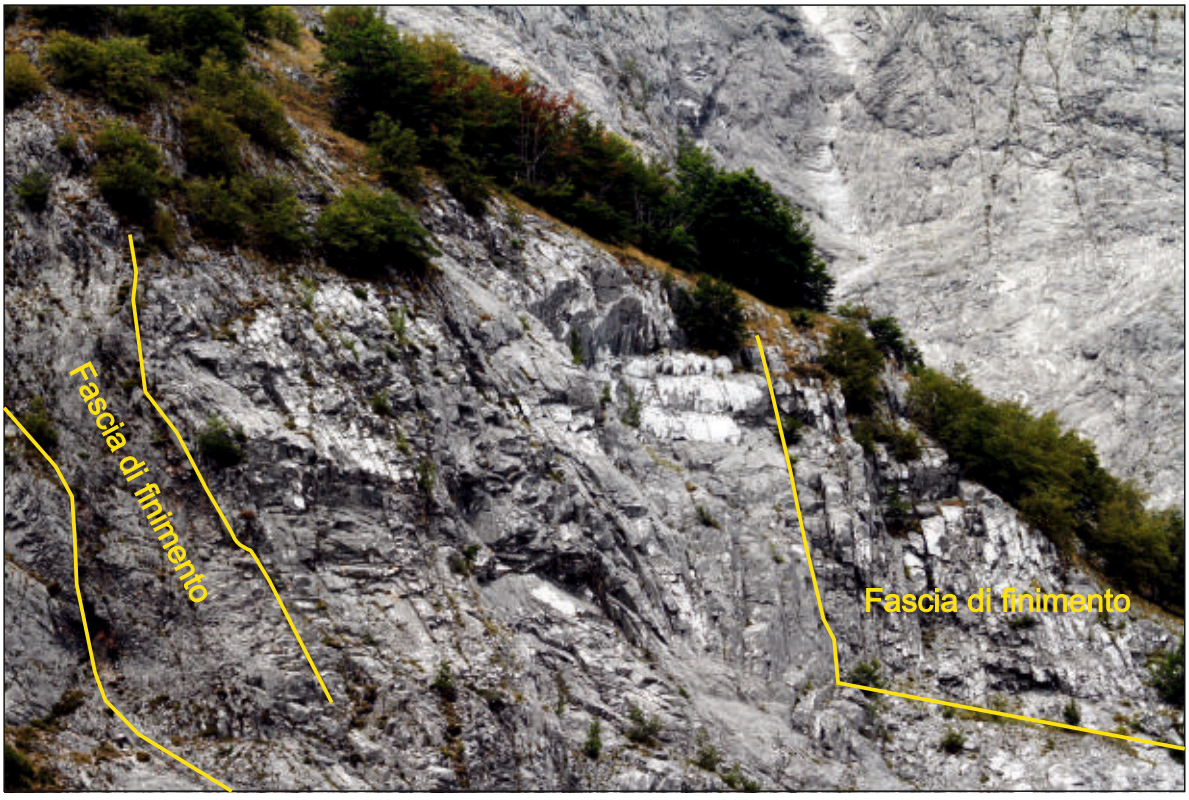


FOTO 6: vista della parte alta del giacimento con visibili le fasce di finimento ma anche la presenza di Marmi bianchi

FOTO 7: vista da sud del sito, con visibile sulla destra la viabilità di servizio al Bacino

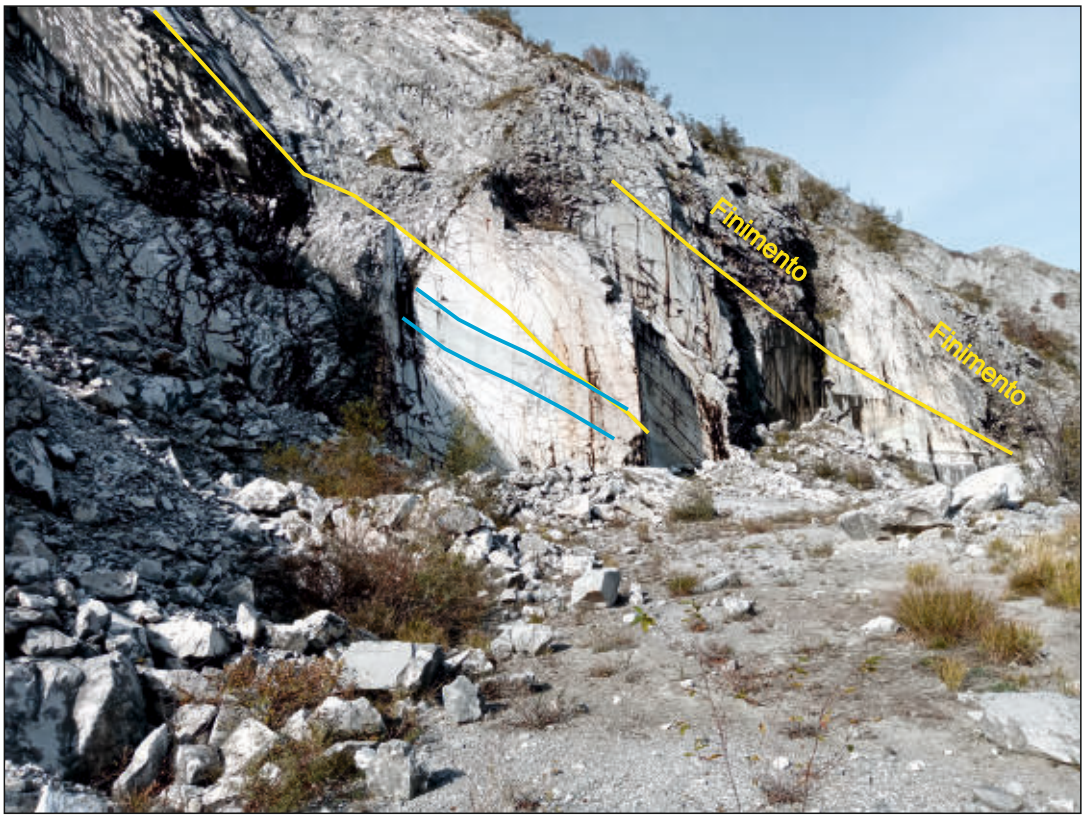


FOTO 8: Margine settentrionale del piazzale con in celeste evidenziato verso di macchia del giacimento, in giallo il sistema K6 che isola fasce di finimento sul margine settentrionale della cava

FOTO 9: porzione settentrionale della cava

FOTO 10: fronte con ben evidente in azzurro il verso di macchia

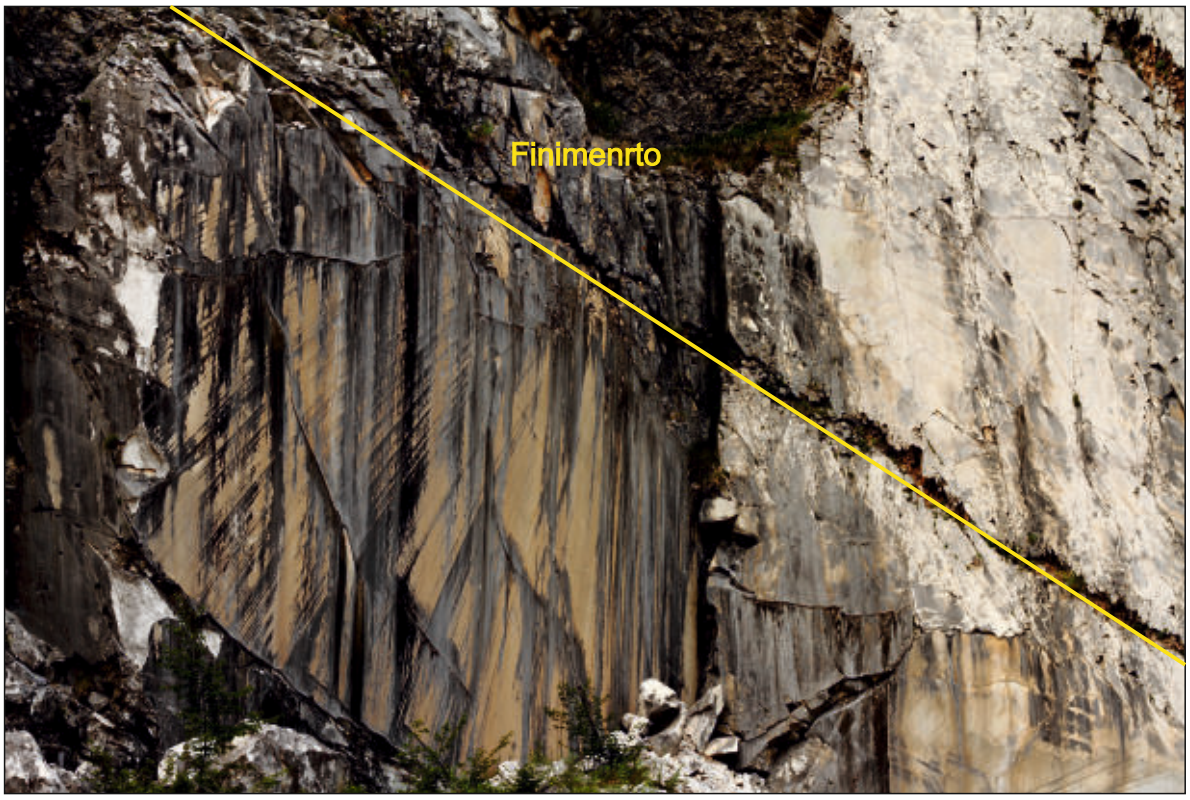


FOTO11: margine settentrionale del piazzale; le rotture presenti sui fronti residui sono dovuti anche alle botte da mina

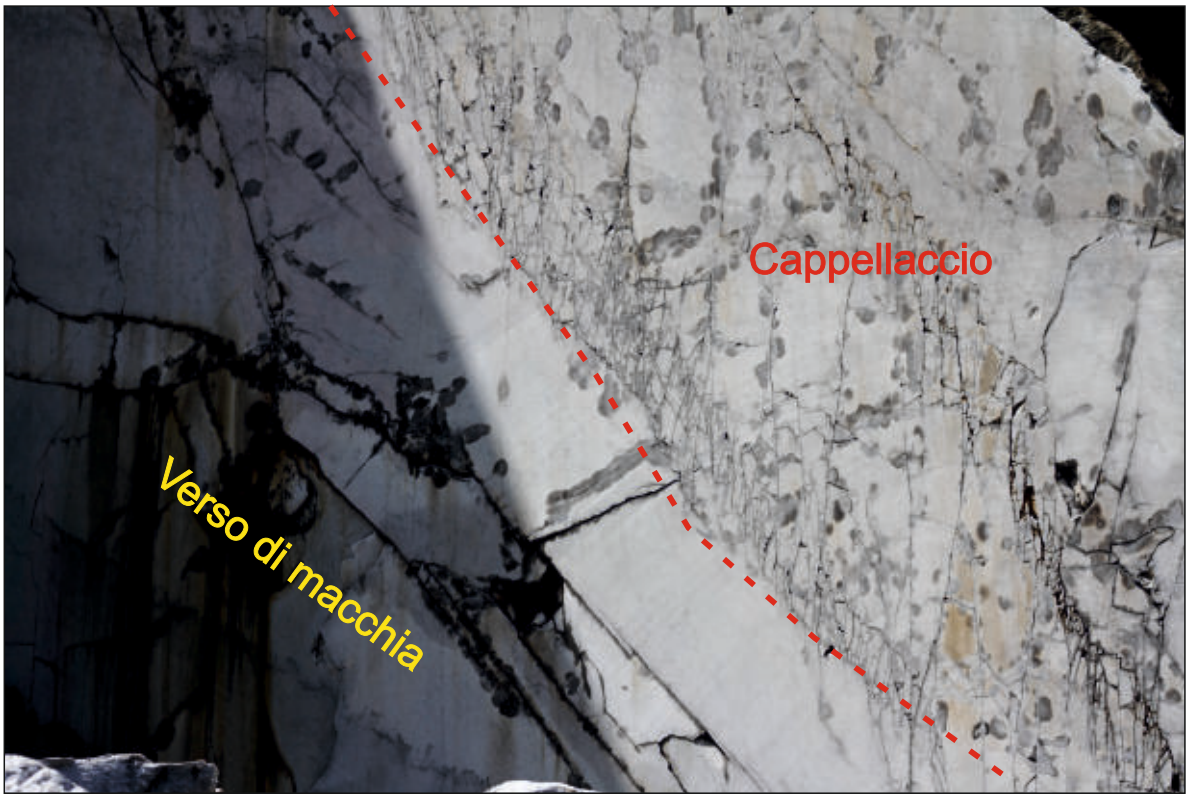


FOTO 12: Margine settentrionale del piazzale.