



STUDIO DI GEOLOGIA PROFETI
DOTT. MAURIZIO PROFETI GEOLOGO

VIA ROCCATAGLIATA N.96, 54033 CARRARA (MS)
TEL.: 3479059317 E-MAIL: maurzioprofeti@libero.it

COMUNE DI CARRARA
CAVA N.131 – CAMPANELLA - PIRINEA
BACINO DI COLONNATA



RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA
E DI FATTIBILITA' GEOLOGICA-IDRAULICA-SISMICA
PER LA CAVA N.131 "CAMPANELLA-PIRINEA"
A SUPPORTO DEL PROGETTO DI COLTIVAZIONE
COORDINATO CON LA CAVA N.136 "ORTENSIA"

Committente:

Marmo Canaloni Srl
Via Piave 7/a - 54033 - Carrara (MS)
P.Iva 00088410451

Direttore dei Lavori

P.M. Gianluca Guadagni

Progettisti

Geom. Alessandro Agostini - Ing. Claudia Chiappino

Il Tecnico

Dott. Maurizio Profeti Geologo
FIRMATO DIGITALMENTE
PRFMRZ73C19B832X

APRILE 2025

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. LOCALIZZAZIONE	3
3. NORMATIVA, VINCOLI E PERICOLOSITA'	5
4. DESCRIZIONE E SCOPI DEL PROGETTO	14
5. CARATTERISTICHE DELL'AREA DI STUDIO	16
5.1. Geomorfologia	16
5.2. Geologia	20
5.3. Giacimentologia	24
5.4. Idrografia e idrogeologia	28
5.5. Sismicit�	34
6. ANALISI DI SITO	35
6.1. Azione sismica	36
6.2. Stima parametri e coefficienti sismici	37
7. MODELLO GEOLOGICO	40
7.1. Studio della fratturazione	40
7.2. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1989)	43
7.3. Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante	48
7.4. Modello geologico in presenza di "ravaneti"	48
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	49

ELENCO ALLEGATI:

TAV.1A-CARTA GEOLOGICA 1:2.000

TAV.2A-CARTA GEOLOGICA-GIACIMENTOLOGICA 1:2.000

TAV.3A-CARTA IDROGEOLOGICA 1:2.000

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta per conto di Marmo Canaloni S.r.l. a supporto del nuovo progetto di coltivazione, a cura del Geom. Alessandro Agostini e Ing. Claudia Chiappino, per la cava n.131 "Campanella-Pirinea", ubicata nel bacino marmifero di Colonnata, Carrara (MS) e derivante dalla fusione delle due originarie cave n.131 "Campanella" e n.132 "Pirinea" come indicato nella documentazione progettuale. Il nuovo progetto di coltivazione, per gli aspetti specifici riguardanti le lavorazioni e la sicurezza (come meglio descritto nella relazione tecnica a firma dell'Ing. Claudia Chiappino), risulta in coordinamento con la cava n.136 "Ortensia", gestita dalla stessa ditta. La presente relazione, analizzando le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area oggetto dei nuovi interventi, permette, in ultima analisi, di valutare la fattibilità del progetto e la definizione del modello geologico del terreno e dei parametri e coefficienti sismici di sito in accordo agli Eurocodici, al DM 17.01.18 ed alla normativa sismica regionale.

2. LOCALIZZAZIONE

Il sito di studio rientra nell'area in disponibilità della cava denominata Campanella-Pirinea, contrassegnata dal numero d'ordine 131 nell'elenco delle cave del comune di Carrara; è ubicato all'interno della nel bacino marmifero di Colonnata ed è raggiungibile attraverso la strada comunale asfaltata che si diparte dal bivio per Colonnata, proseguendo con una strada di arroccamento sterrata che conduce ai due cantieri di lavorazione della cava n.136 Ortensia dalla quale è possibile raggiungere la zona oggetto del presente progetto. L'area ricade in destra orografica della parte sommitale del Canale dei Canaloni, rimanendo compresa tra il Fosso Cobiato e la Fossa della Campanella. Lo skyline è segnato dai versanti dei monti in Maggiore a Nord da cui si originano la catena orientale che ha come vette i monti La Cima delle Serre e la Cima d'Uomo ad una altezza compresa tra 800 e 1.100 m slm; ad occidente La cima del Canal Grande, il Serrone e il Campanile alla stessa altezza. La zona in esame è caratterizzata da assenza quasi completa di vegetazione. Il territorio, comunque, risulta, per le caratteristiche naturalistiche e per la sua posizione rispetto al litorale toscano e alla dorsale appenninica, di interesse paesaggistico-ambientale. In merito a quest'ultimo punto si rimanda alla trattazione presentata nella relazione tecnico descrittiva a cura dell'Ing. Chiappino Claudia e nello Studio Preliminare Ambientale. Si rimanda alla **Fig. 1** per l'ubicazione in scala 1:10.000 sulla base della CTR locale, elementi D249100 e D249060.



Catasto e Urbanizzazione

Scala 1 :10.000

593.274,9

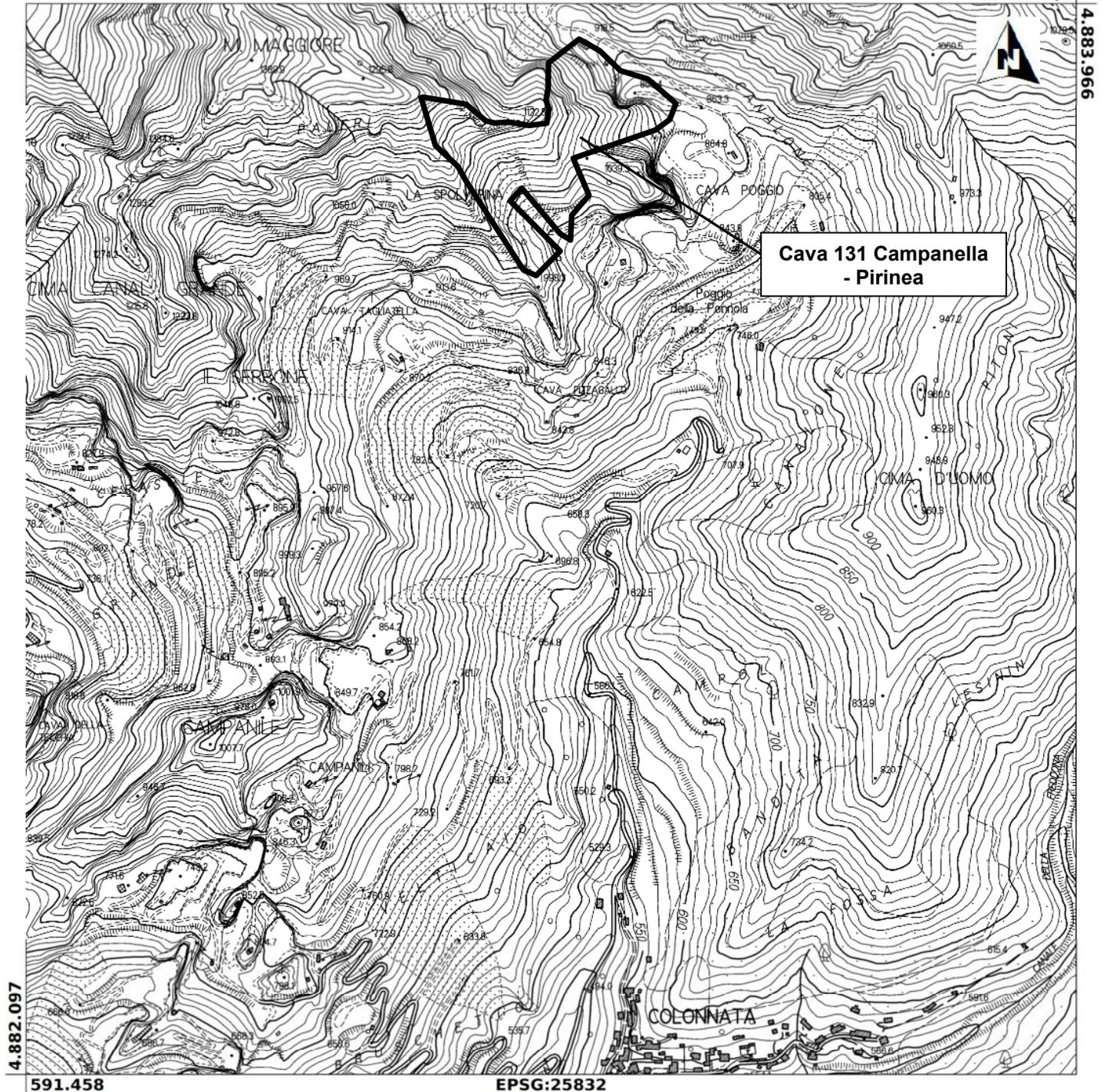


Fig. 1 – Localizzazione cava n.136 Ortensia nel bacino marmifero di Colonnata. Scala 1:10.000

3. NORMATIVA, VINCOLI E PERICOLOSITA'

Questa relazione è stata redatta ai sensi delle seguenti normative:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**, Testo unitario –“*Norme Tecniche per le costruzioni*”.
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018**, Testo unitario –“*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni*”.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**, Istruzioni per l’applicazione delle “*Norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. 14.01.2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**, “*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- **Eurocodice 8** (1998), “*Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture*” – Parte 5: strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003).
- **Eurocodice 7.1** (1997), “*Progettazione geotecnica*” – Parte I: Regole generali – UNI.
- **Ordinanza P.C.M. n°3274** del 20 marzo 2003 e s.m.i., “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”.
- **D.G.R.T. n°431** del 19 giugno 2006 e s.m.i. “*Riclassificazione sismica del territorio regionale: attuazione del D.M. del 14.09.2005 e O.P.C.M n°3519 del 28 aprile 2006*”.
- **L.R. 35/2015 e s.m.i.**
- **PRC 2020** - Piano Regionale Cave
- **PABE 2021** - Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane

L’area di studio ricade all’interno del Vincolo Idrogeologico secondo i disposti del R.D. 3267/1923 e succ. mod. int.. per cui si dovrà attivare procedura per il rilascio della specifica autorizzazione da parte dell'ente comunale.

Di seguito si allegano uno stralcio del quadro propositivo di dettaglio, uno stralcio della carta della pericolosità geologica, uno stralcio della pericolosità idraulica ed uno stralcio degli elementi sismici, con relative legende, estratti dai PABE del Comune di Carrara. Come indicato nelle **Figure 2 e 3**, nell’area di indagine si evidenzia la presenza del Morfotipo Dorsale Carbonatica DOC (art.33 c.4 NTA PABE Carrara), di area di margine (art.33 c.2), di zona di tutela ZPS/ZSC (art.8 c.4), di ridottissima porzione di crinale da tutelare (art.8 c.4), di ravaneto R2 (art.31 c.4) e di ravaneto a pericolosità geologica elevata e molto elevata (art.32). In merito a tutte queste particolarità locali si rimanda alla disamina delle varie casistiche a cura dei progettisti.

Nello specifico del presente studio, per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica, vedi **Figure 4 e 5**, la quasi totalità dell'area di studio, risulta inserita in G.3b-pericolosità geomorfologica media, mentre una piccola parte di ravaneto presente verso Est risulta in G.4-pericolosità geomorfologica molto elevata. La quasi totalità di questo ravaneto si sviluppa a valle dell'area afferente la cava n.131, all'interno di mappali altrui. Dal punto di vista idraulico, invece, tutta l'area ricade al di fuori delle zone a pericolosità PIE e PIME come evidente dalle **Figure 6 e 7**. Per quanto riguarda la pericolosità sismica, alcune aree di cava ricadono in S2 ed altre in S3, mentre una limitatissima porzione in S4, secondo quanto riportato in **Fig.8**.

Quadro propositivo di dettaglio

Cava
131

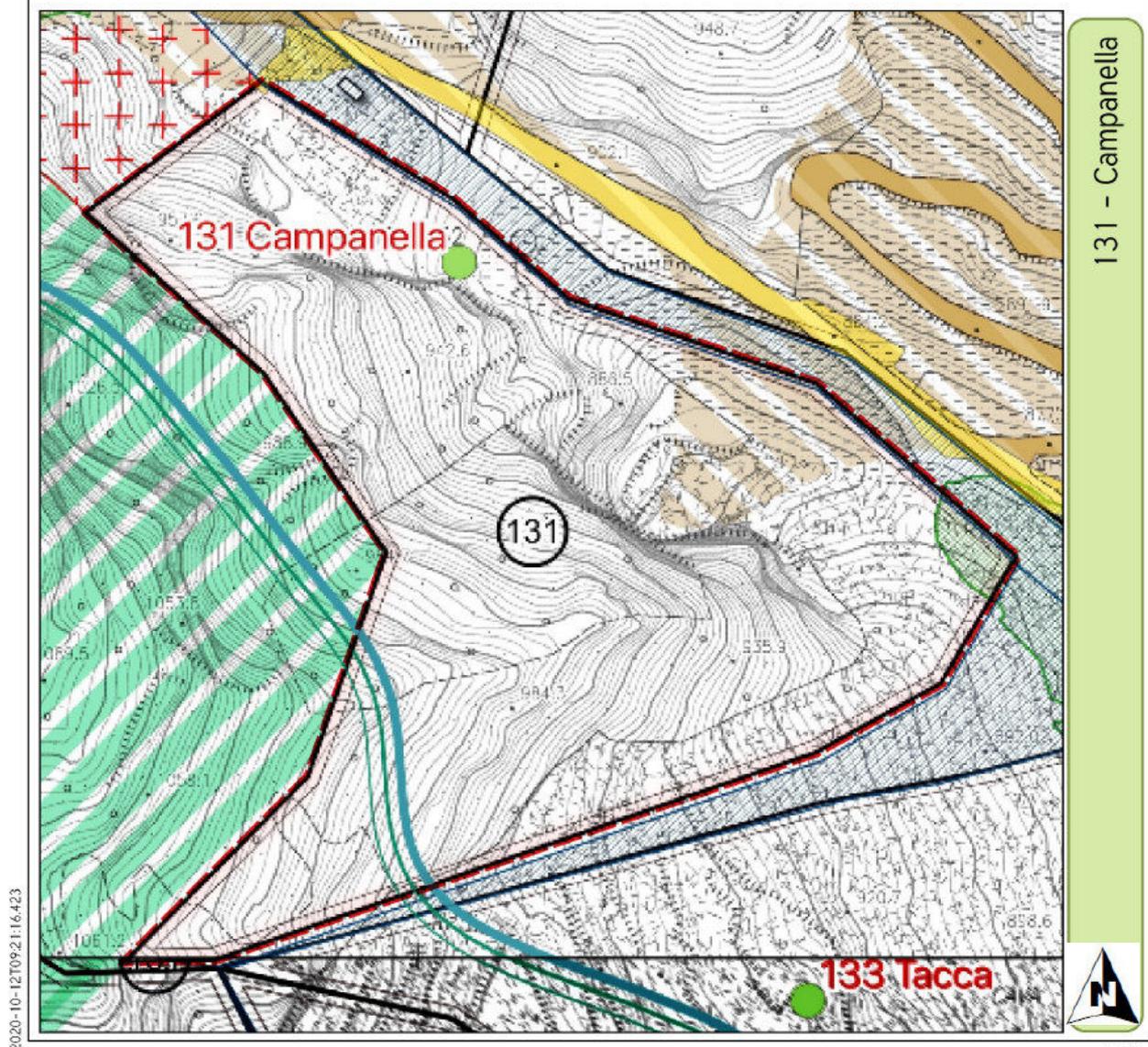
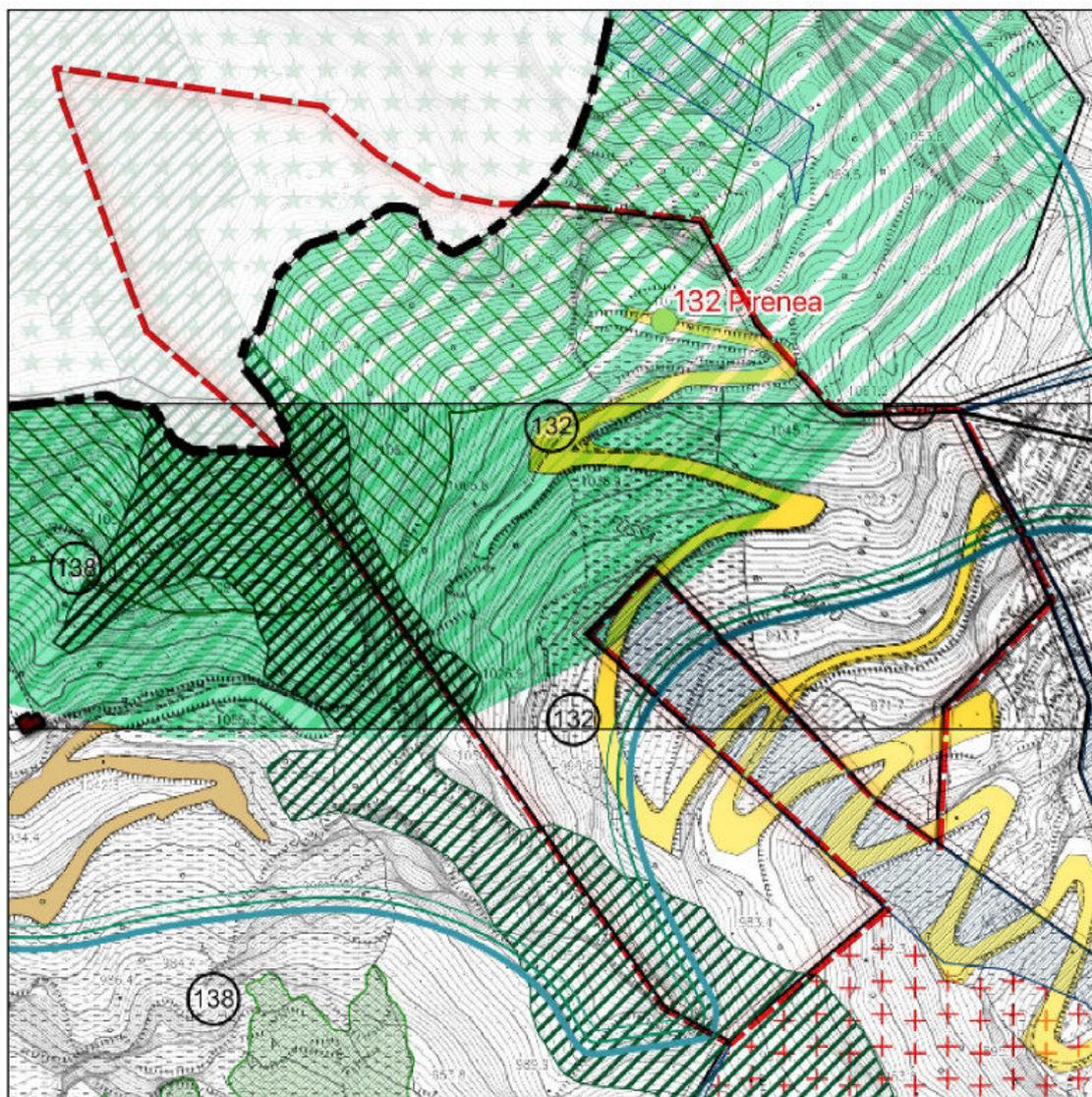


Fig. 2 – stralcio del quadro propositivo di dettaglio Cava n.131 Campanella allegato ai PABE di Carrara. Scala arbitraria

Quadro propositivo di dettaglio

Cava
132



2020-10-12T09:21:54.376

Fig. 3 – stralcio del quadro propositivo di dettaglio Cava n.132 Pirinea allegato ai PABE di Carrara. Scala arbitraria

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

Legenda

 *Limiti amministrativi comunali*

 *Perimetro Bacino Estrattivo*

Localizzazione Cave e stato di attività (art.1 c.7)

 *CAVE ATTIVE*

 *CAVE DISMESSE*

 *SITI ESTRATTIVI DISMESSI*

 *Aree in disponibilità*

 *Fosse Demaniali*

 *Aree di ricerca (art.33 c.1)*

 *Zone di protezione speciale ZPS/ZSC (art.8 c.1,2)*

 *Zona di tutela ZPS/ZSC (art.8 c.4)*

 *Crinidi da tutelare (art.8 c.7 lett.c)*

 *Aree di elevato valore conservazionistico (art.6 c.4)*

 *Circo glaciale (art.6 c.3)*

 *Morfotipo Dorsale Carbonatica DOC (art.33 c.4)*

 *Aree di margine (art.33 c.2)*

 *Emergenze geologiche (art.8 c.7 lett.a1)*

 *Grotte (art.8 c.7 lett.a2)*

 *Cave storiche (art.8 c.7 lett.b1)*

invarianti strutturali Piano Strutturale

 *Antiche vie di lizza (art. 8 c.7 lett.b2)*

 *Piani inclinati (art.8 c.7 lett. b2)*

 *RET Sentieristica C.A.I. (art. 8 c.7 lett. b5)*

Tracciato ferrovia Marmifera (art.8 c.7 lett.b4)

 *in superficie*

 *in galleria*

Viabilità e Parcheggi (art.26)

 *Parcheggio*

 *Strade di arroccamento comprensoriali*

 *Strada di arroccamento singola cava*

 *Viabilità pubblica*

classificazione edifici (art.11)

 *Edifici privi di valore - c3a (art.15)*

 *Edifici coerenti con il contesto - c2b (art.14)*

 *Edifici di valore architettonico - c2a (art.13)*

 *Edifici di valore storico-testimoniale - c1 (art.12)*

 *Postazioni primo soccorso (art.25 c.1))*

 *Piazzole per soccorso elicotteri (art.25 c.2)*

Disciplina dei suoli

 *Br - Zone residenziali esistenti (art.19)*

 *Dc - Zone Espositive - Laboratori - Commerciali (art.20)*

 *Fm - Zona Mercatale di progetto (art.22)*

 *Di - Zone industriali/artigianali (art.21)*

 *Fc - Zone per attività didattico/culturali (art.23)*

 *As - Zone di interesse storico testimoniale (art.24)*

Ravaneti soggetti a tutela (art.31)

 *R1 (art.31 c.3)*

 *R2 (art.31 c.4)*

 *Pericolosità geologica elevata e molto elevata (art.32)*

 *Corsi d'acqua*

 *Aree immagazzinamento idrico (art.30 c.2)*

 *Masterplan sicurezza idraulica bacini a monte (art.30 c.3)*

 *Sorgenti (art.8 c.7. lett.a3 - art. 27))*

Tutela delle sorgenti e dei pozzi idrop.

 *A1 - zone di rispetto (art.27 c.2)*

 *A2 - vulnerabilità elevata (art.27 c.3)*

 *A3 - Vulnerabilità medio alta (art.27 c.4,5,6)*

 *A4 - Vulnerabilità media (art.27 c.7)*

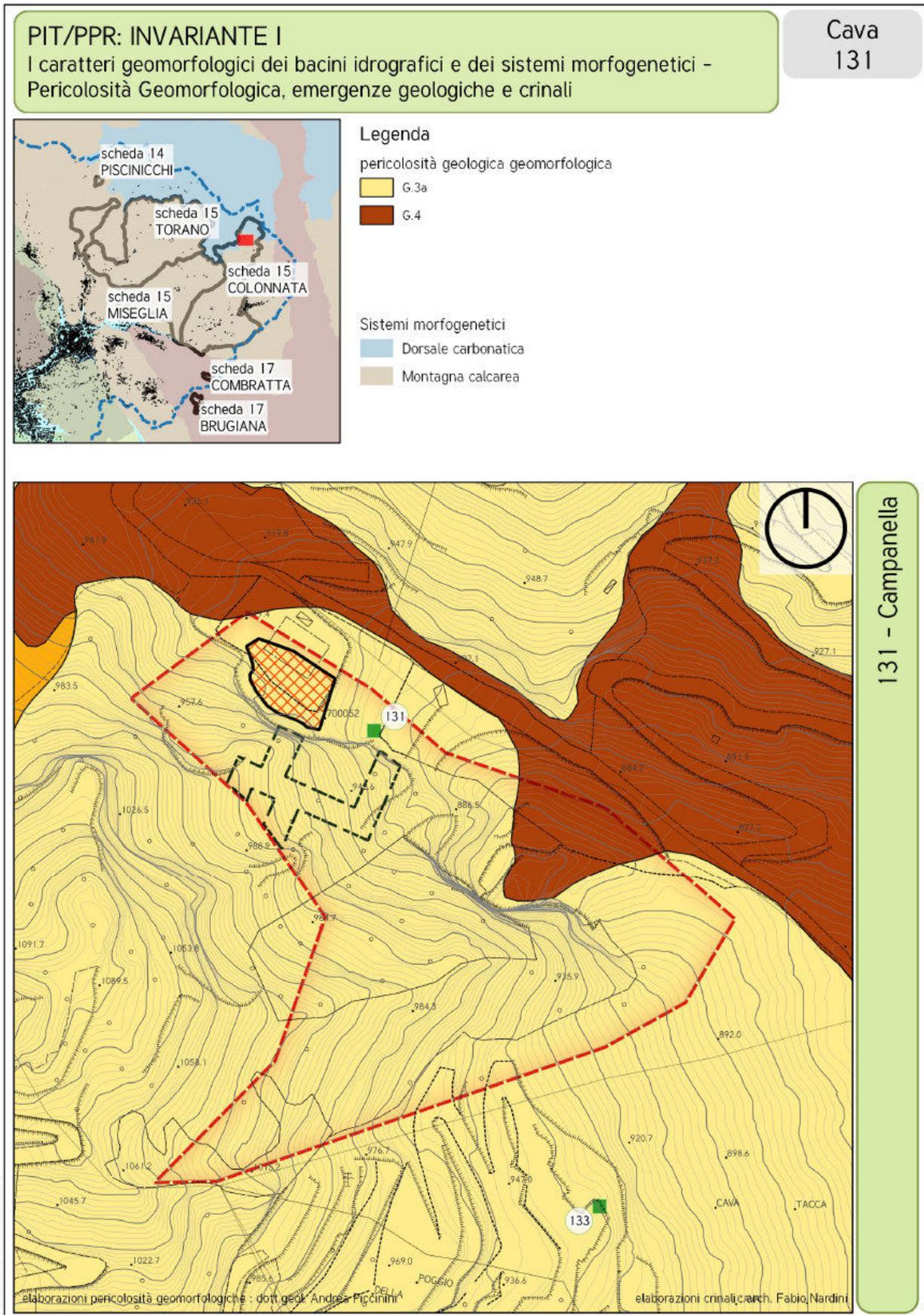
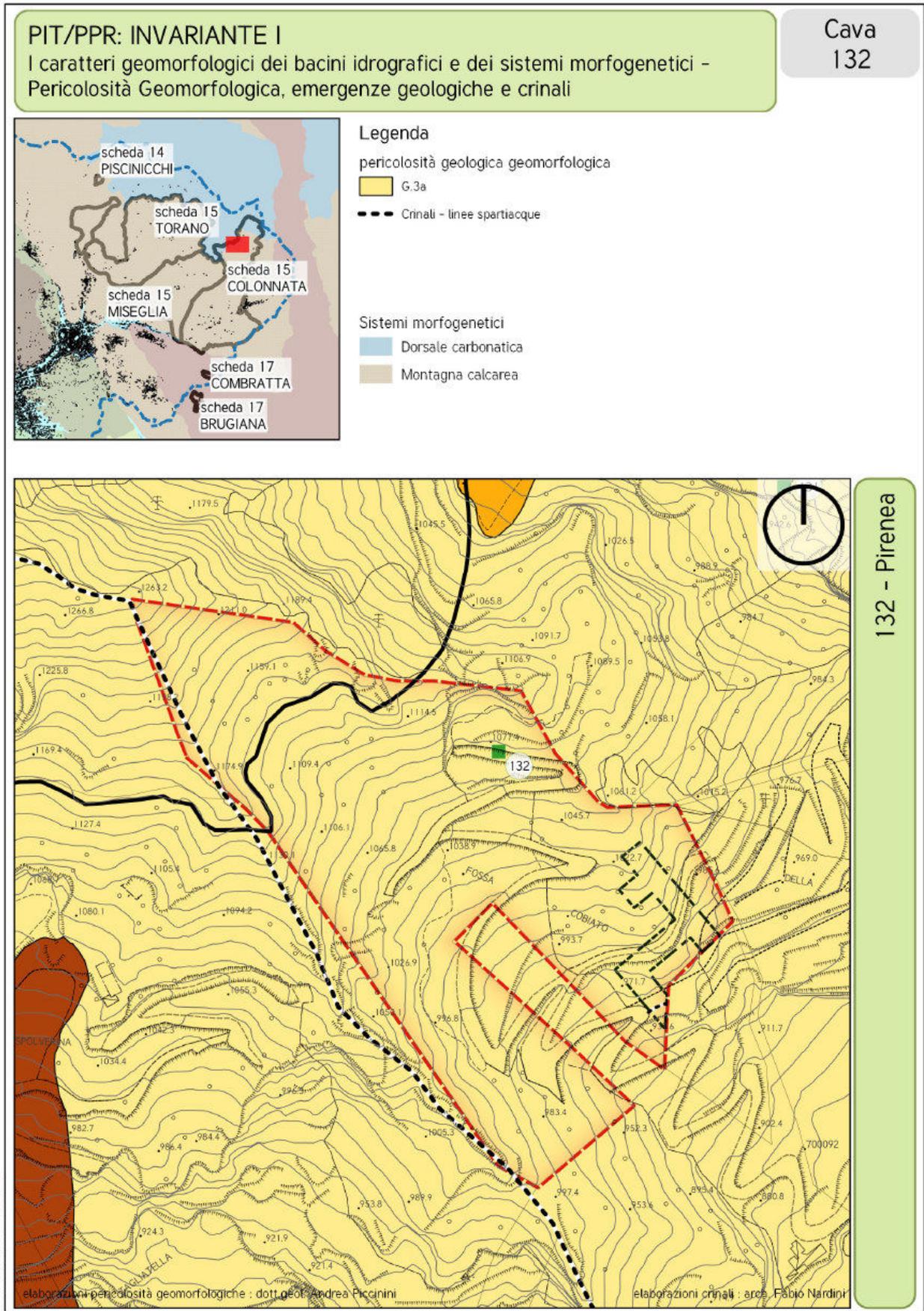


Fig. 4 – stralcio della Carta della Pericolosità Geologica (da allegato A1.3 dei PABE di Carrara)
Cava n.131 Campanella. Scala arbitraria



2020-10-12T09:21:37.850

elaborazioni pericolosità geomorfologiche : dott.geol. Andrea Piccinini

elaborazioni crinali : arch. Fabio Nardini

Fig. 5 – stralcio della Carta della Pericolosità Geologica (da allegato A1.3 dei PABE di Carrara) Cava n.132 Pirenea. Scala arbitraria

PIT/PPR: INVARIANTE I

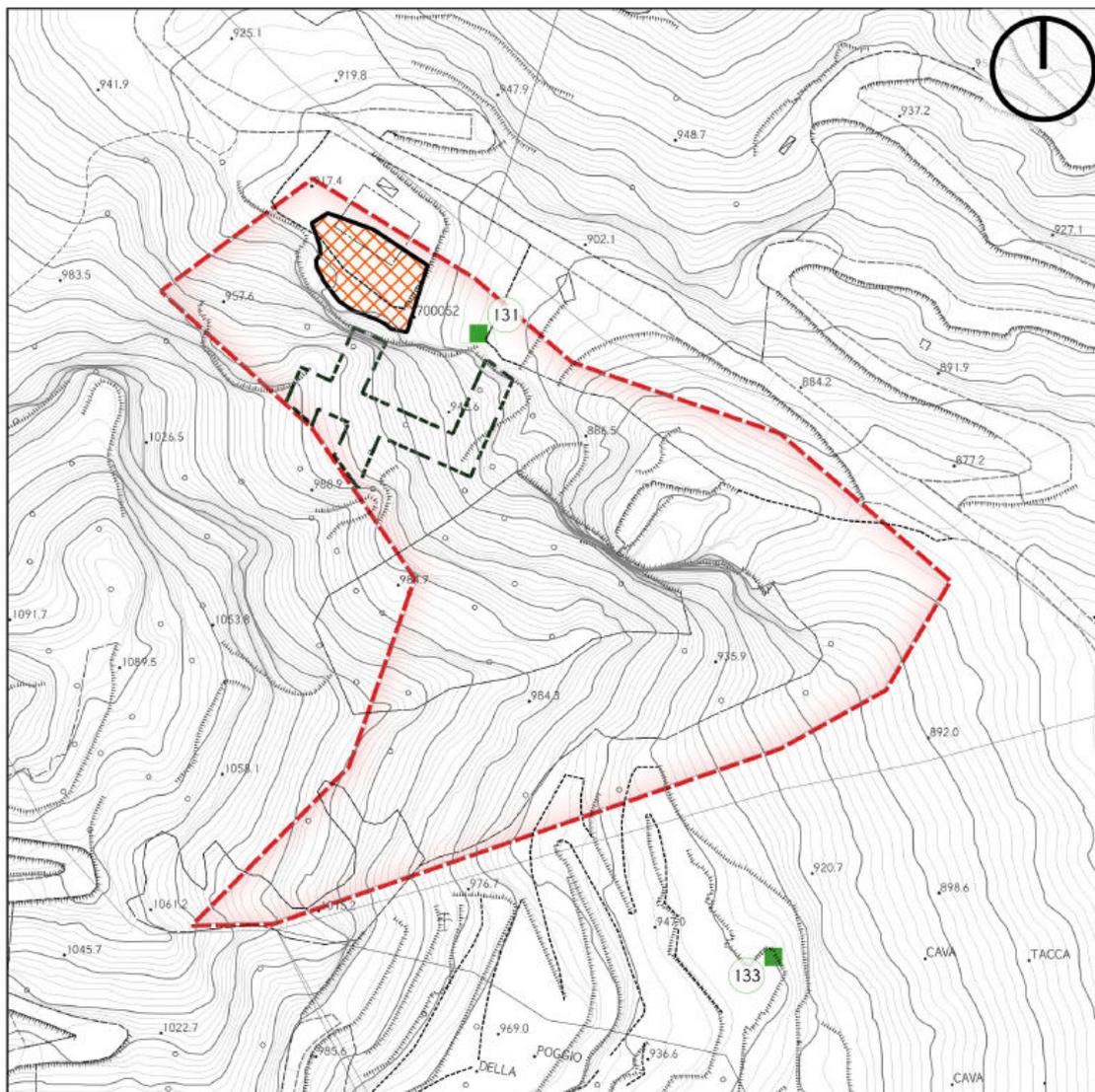
I caratteri geomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici - Pericolosità idraulica e misure di mitigazione del rischio idraulico

Cava
131

Legenda

Pericolosità idraulica PS 2012

- Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica PIE
Pericolosità Idraulica Elevata
- Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica PIME
Pericolosità Idraulica Molto Elevata



131 - Campanella

Fig. 6 – stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica (da allegato A1.3 dei PABE di Carrara)
Cava n.131 Campanella. Scala arbitraria

PIT/PPR: INVARIANTE I

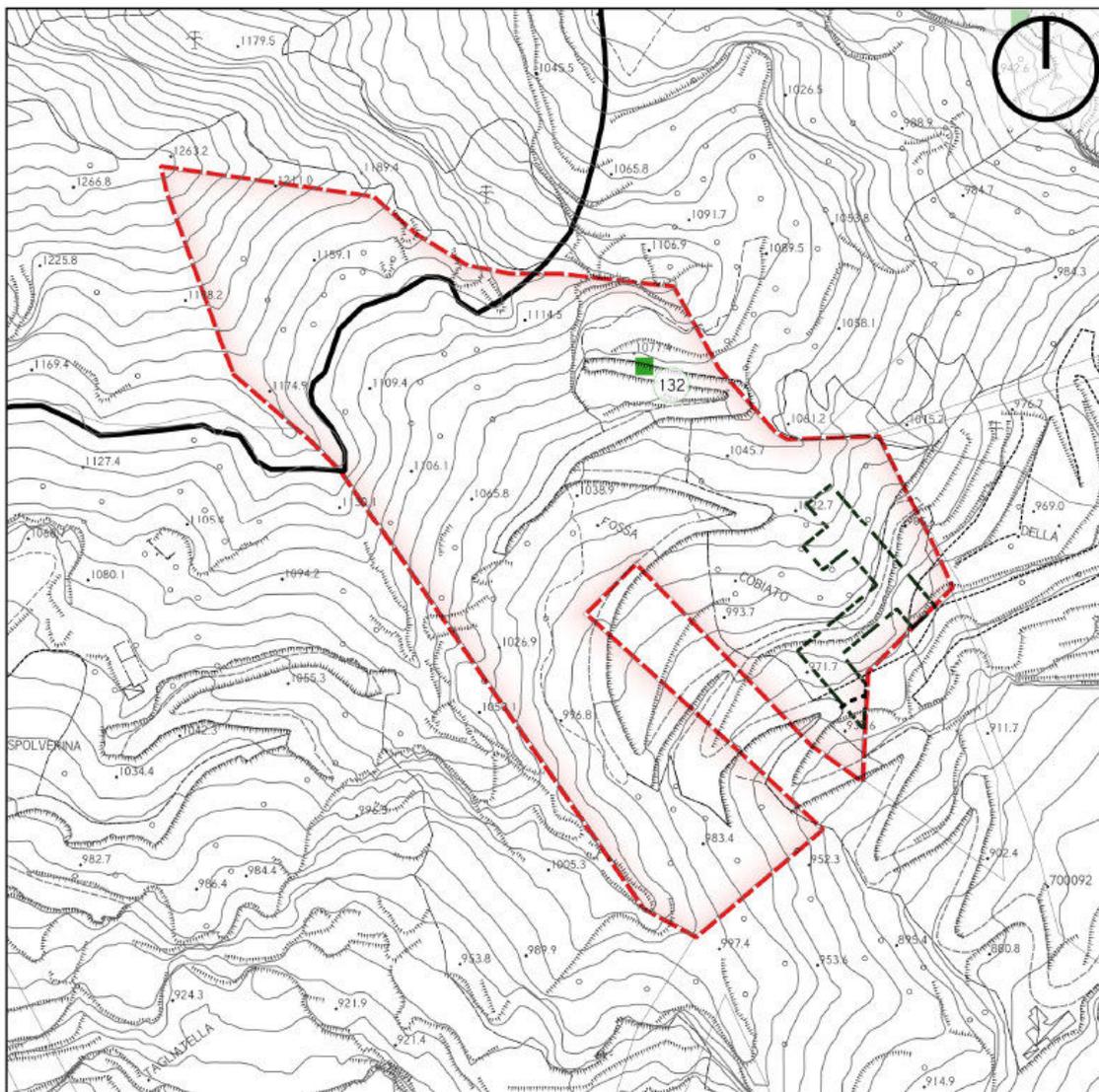
I caratteri geomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici - Pericolosità idraulica e misure di mitigazione del rischio idraulico

Cava
132

Legenda

Pericolosità idraulica PS 2012

- Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica PIE
Pericolosità Idraulica Elevata
- Carta delle Aree a Pericolosità Idraulica PIME
Pericolosità Idraulica Molto Elevata



132 - Pirenea

Fig. 7 – stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica (da allegato A1.3 dei PABE di Carrara)
Cava n.132 Pirenea. Scala arbitraria

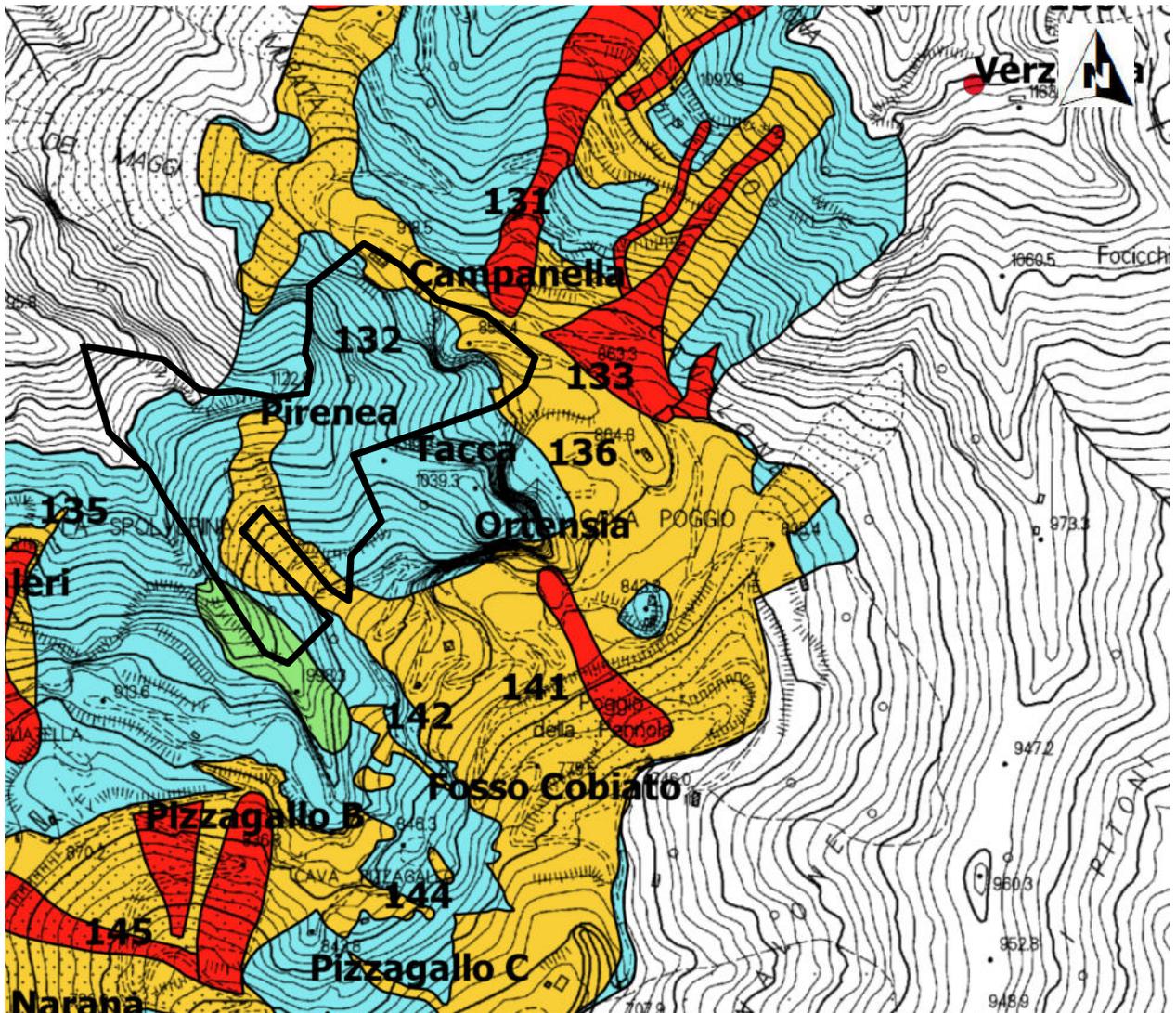


Fig. 8 – stralcio della Carta degli elementi Generali con Rilevanza Sismica G7.1 (Tav. Nord) allegata ai PABE di Carrara. Scala Arbitraria.

Legenda

Zone stabili

 substrato roccioso affiorante classe di pericolosità sismica S2

Zone suscettibili di amplificazione topografica

 vette e creste principali Classe di pericolosità sismica S3

Zone suscettibili di amplificazione stratigrafica

 depositi detritici classe di pericolosità sismica S3

Zone suscettibili di instabilità

 frane attive classe di pericolosità sismica S4



Cava n.131 Campanella - Pirinea

4. DESCRIZIONE E SCOPI DEL PROGETTO

Il progetto, come indicato nella relazione descrittiva e relative tavole a cura dei progettisti, Ing. Claudia Chiappino e Geom. Alessandro Agostini, risulta in continuità con le precedenti autorizzazioni conseguite, andando a prevedere l'escavazione di minimi volumi (complessivamente circa 23.100 mc) raggiungibili razionalmente in sotterraneo - nella logica della coltivazione in atto - ricercandoli nelle aree adiacenti alle attuali lavorazioni autorizzate in capo alla cava Ortensia, N° 136. I volumi verranno prelevati tra le quote 852,00 m s.l.m e 867,00 m s.l.m, andando a realizzare un raccordo tra le gallerie preesistenti.

Nel presente piano viene programmato un ciclo di lavoro con durata di circa 84 mesi (7 anni), in funzione dell'esaurimento dei volumi attualmente autorizzati, delle richieste di mercato, delle condizioni meteorologiche e dei ritmi produttivi; il progetto/autorizzazione proseguirà presumibilmente oltre l'attuale data di scadenza dei PABE (novembre 2030), condizione prevista dalla pianificazione vigente.

I nuovi lavori interesseranno esclusivamente il cantiere sotterraneo della cava n. 131 Campanella Pirinea da cui si estrae il marmo bianco.

Si evidenzia che questo progetto si svilupperà in totale coordinamento con il cantiere della cava adiacente Ortensia N° 136, che costituisce l'accesso al sotterraneo della cava N° 131, comunque sempre in disponibilità della Società Marmo Canaloni; si tratta dell'inizio di un progetto sotterraneo di più ampio respiro per realizzare un nuovo piano coordinato fra tutte le cave aziendali, come da intenzioni già espresse da tempo da Marmo Canaloni Srl.

L'accesso alla cava 131 Campanella-Pirinea avviene dallo stesso accesso di cava 136 Ortensia, ovvero tramite la strada sterrata che si sviluppa all'interno del Fosso Cobiato e che si distacca dal fondovalle dei Canaloni da q. 817.50 m s.l.m.

Di seguito si allega planimetria dello stato finale così come previsto dai progettisti Geom. Agostini A. e Ing. Chiappino A..

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"

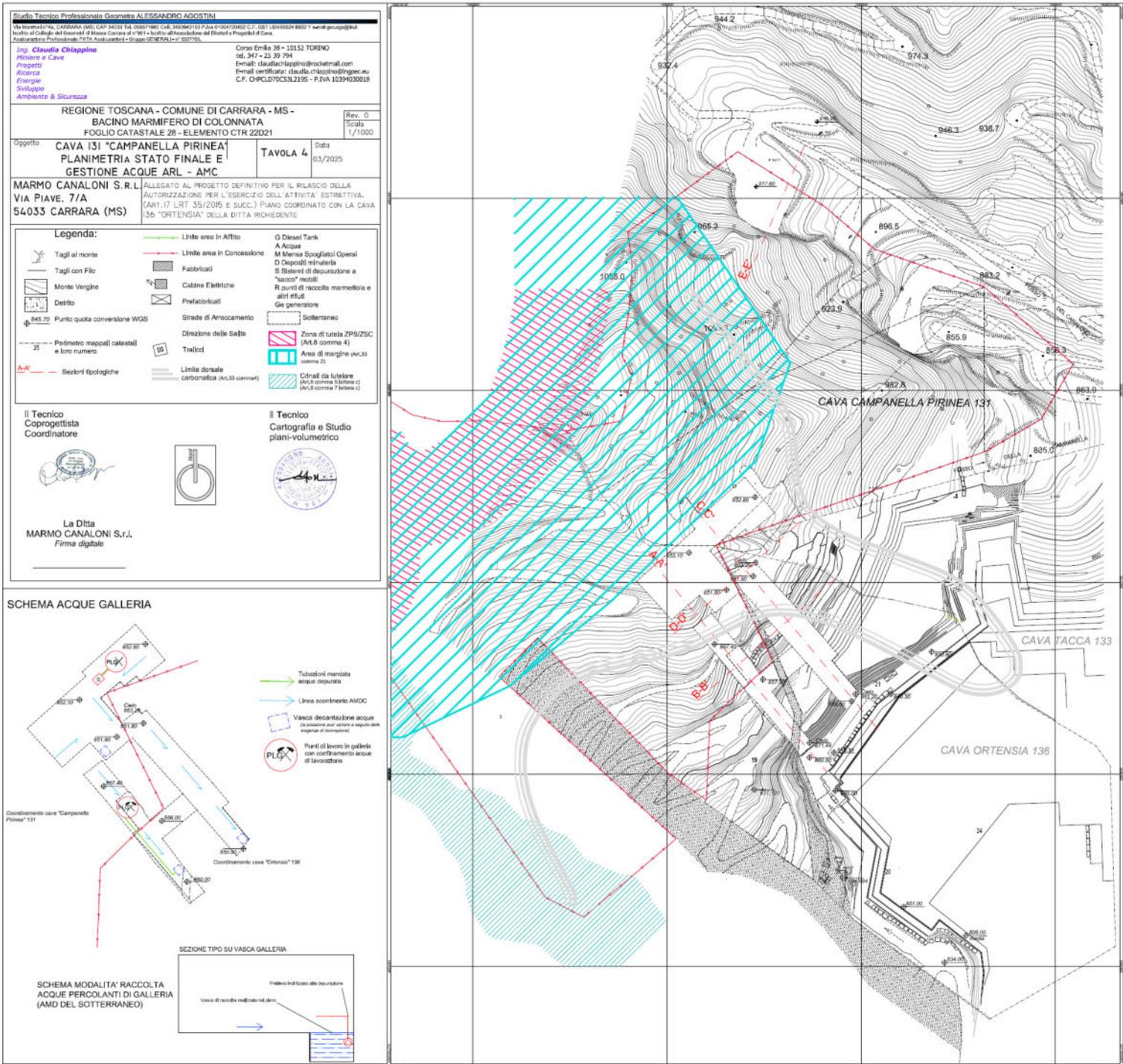


Fig. 9 – Tavola 4 - Planimetria s tato finale della cava n.131 Campanella - Pirinea i n coordinamento con la cava n.136 Ortensia, redatta a cura del geom. Agostini A. e Ing. Chiappino C.. Scala Arbitraria.

5. CARATTERISTICHE DELL'AREA DI STUDIO

5.1. Geomorfologia

L'area di studio è ubicata sul versante occidentale del complesso apuano a quote comprese tra circa 870 e 1270 m s.l.m., e si colloca all'interno dei bacini marmiferi del carrarese, nello specifico, come già detto, nel bacino di Colonnata. La cava in oggetto, inquadrabile come cava con tipo di escavazione sotterraneo, risulta ubicata in zona di versante acclive, circondata superiormente dall'allineamento dei seguenti rilievi: Campanile (1007.7 m s.l.m.), Il Serrone (1062.5 m s.l.m.), Cima Canal Grande (1223.8 m s.l.m.), M. Maggiore (1389.9 m s.l.m.), M. La Faggiola (1455.2 m s.l.m.), Cima di Bozzarello (1466.3 m s.l.m.), Cima delle Serre (1320.8 m s.l.m.) e Cima D'Uomo (963.3 m s.l.m.). Verso Sud, è presente il fondovalle costituito da una antica incisione fluviale denominata Fosso Canalone orientata in direzione NordOvest-SudEst nel settore più elevato e poi NordEst-SudOvest scendendo di quota. La strada di arroccamento per il sito estrattivo in oggetto, si diparte dalla località Poggio della Pennola ubicato nel fondovalle a quota circa 750 m. s.l.m. per poi salire verso la attigua cava n.136 Ortensia che costituisce il naturale passaggio alla cava n.131 Campanella-Pirinea. L'unità estrattiva è articolata su cantieri in sotterraneo che si svilupperanno in naturale prosecuzione di quelli presenti nella attigua cava n.136 Ortensia.

Nella zona sono presenti alcuni depositi detritici di origine antropica, cosiddetti ravaneti, che sono stati formati nell'arco degli ultimi secoli, dapprima quando la tecnica di coltivazione era, in gran parte, costituita dall'impiego degli esplosivi (depositi grossolani) e successivamente, durante gli ultimi decenni, ad opera delle lavorazioni condotte mediante l'utilizzo delle nuove tecnologie, che hanno prodotto depositi a granulometria minore. Questi si sono disposti con un'inclinazione di circa 40° ÷ 45° , assestandosi cioè secondo l'angolo di riposo caratteristico del materiale, e generalmente risultano molto permeabili per cui non si prevedono rischi di innesco di significativi movimenti gravitativi generalizzati.

Di seguito in **Fig.10** si allega uno stralcio della carta geomorfologica G3.1 allegata ai PABE, dalla quale risulta evidente che la zona oggetto del previsto piano di coltivazione è caratterizzata dalla presenza di area scavata, ravaneti e monte vergine.

La granulometria dei depositi varia da fine a media e alcuni settori di ravaneto risultano ossidati e quindi inalterati da molti anni. La vegetazione è rada, in prevalenza erbacea, e solo in prossimità di zone intensamente fratturate e dove presente accumulo di terreno fine arbustiva

con rari alberi. La vegetazione arborea è assente sugli affioramenti carbonatici sia per la forte acclività, che rende impossibile la formazione di un suolo, che per la scarsa fertilità del calcare dovuta all'elevata permeabilità per fessurazione. Per l'aspetto vegetazionale e di granulometria dei ravaneti si rimanda alle **Figure 11 e 12** seguenti, estratte dai PABE.

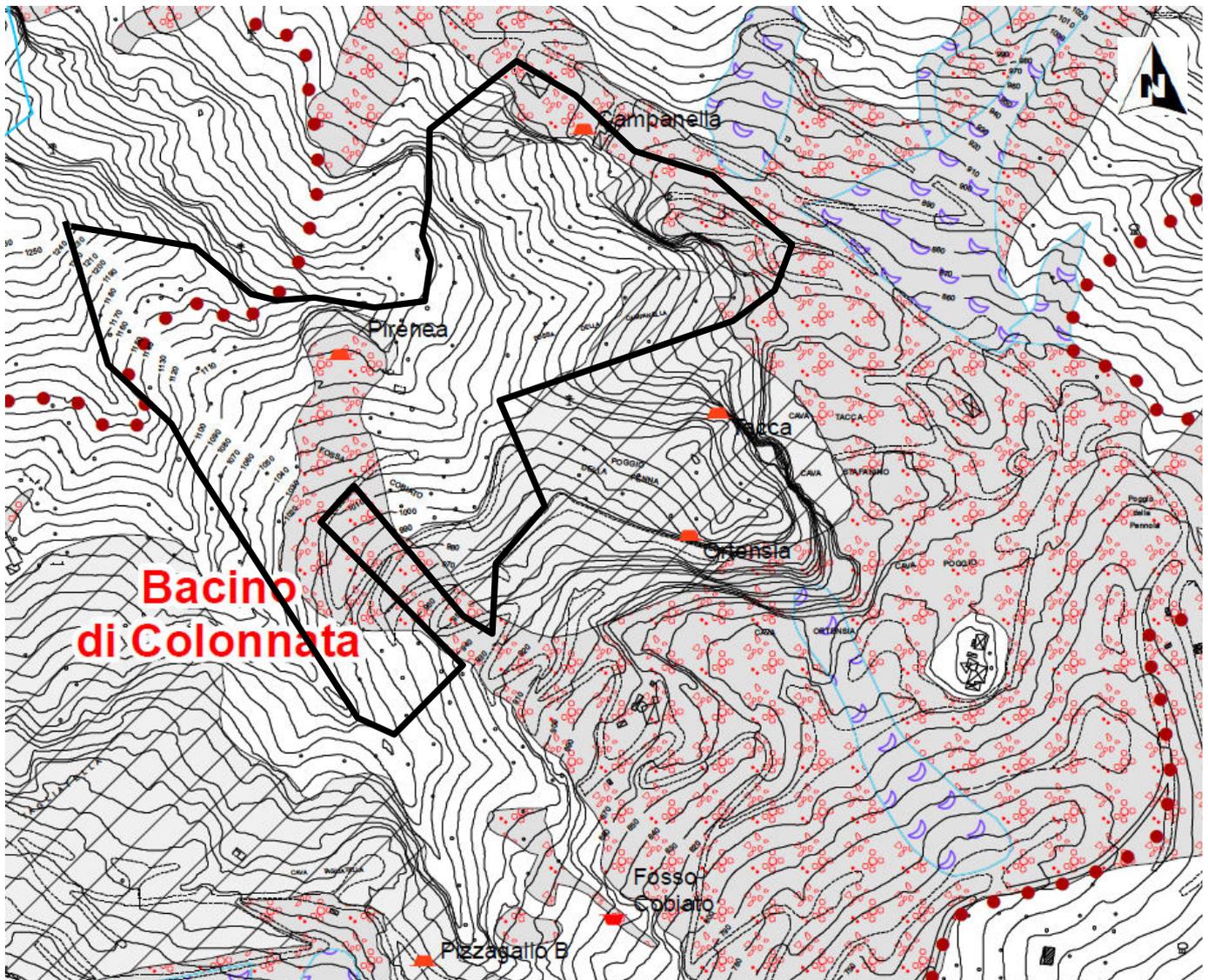


Fig. 10 – stralcio della Carta geomorfologica G3.1 (Tav. Nord) allegata ai PABE. Cava n.131 Campanella – Pirinea. Scala Arbitraria.



Corpo di colata da trasporto in massa di detrito (debris flow) attiva (a1dfa)
 Frane che interessano il materiale detritico di scarto prodotto dalle cave di marmo (ravaneti) scaricato lungo i versanti interni ai bacini estrattivi. Sono cartografati i corpi di frana più significativi originatisi da uno o più eventi gravitativi tra loro coalescenti.



Ravaneti (h3)
 Discariche di materiale di scarto delle cave. Oltre ai corpi detritici scaricati lungo i versanti di cava sono cartografati i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc...) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.

Cave



Area scavata (ae)



Perimetro Bacino/Sottobacino

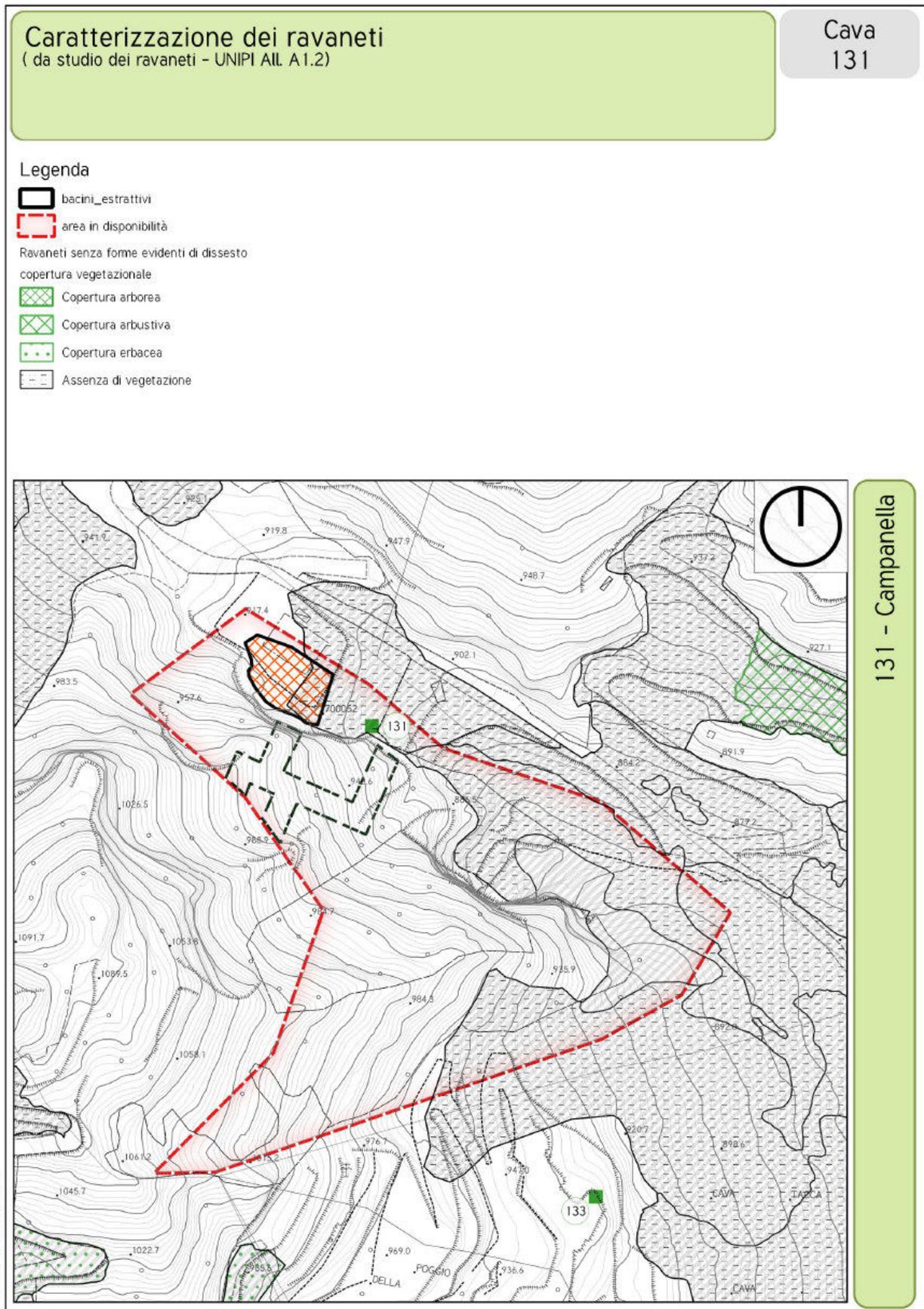


Fig. 11 – stralcio Caratterizzazione dei ravaneti allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

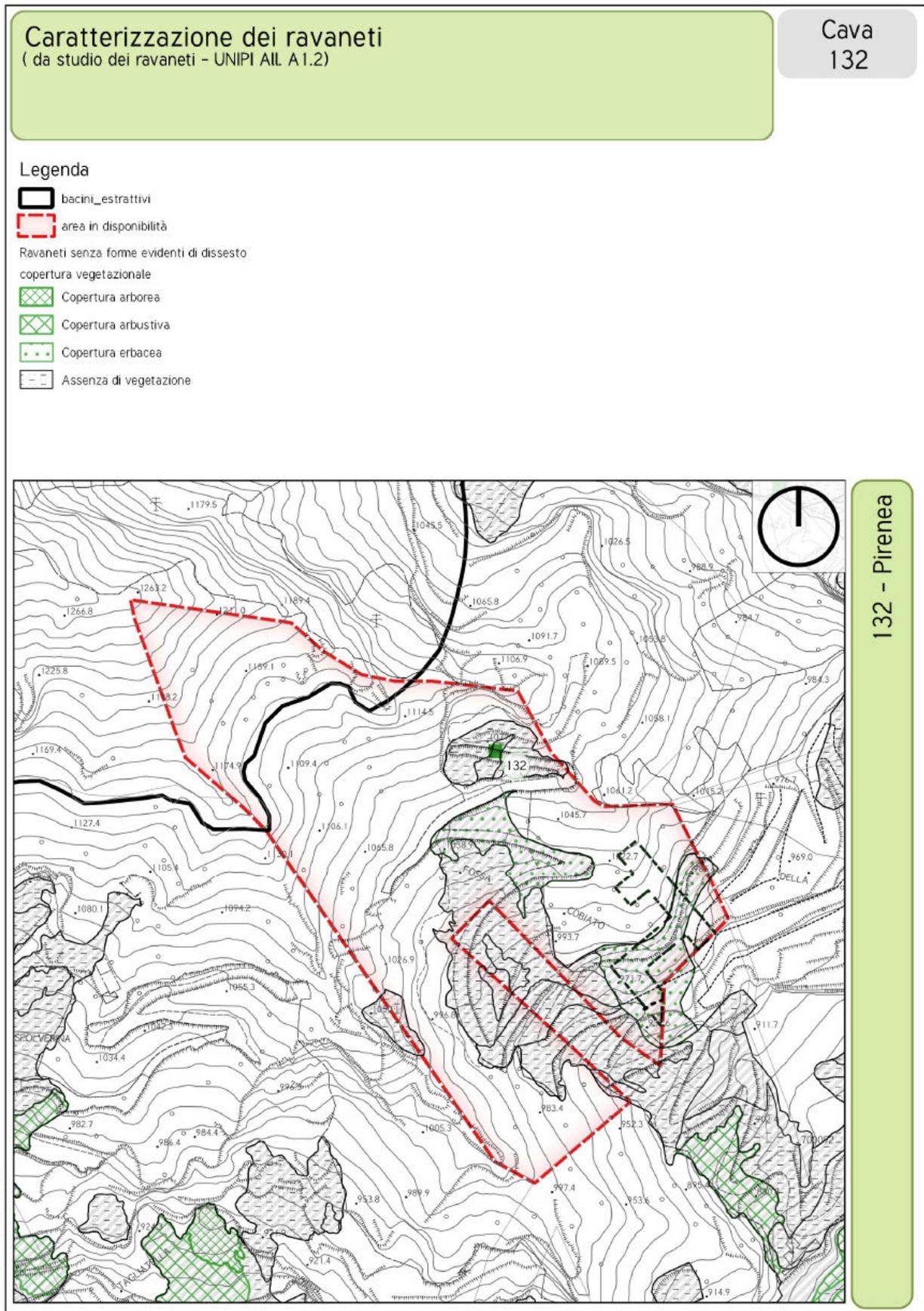


Fig. 12 – stralcio Caratterizzazione dei ravaneti allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

5.2. Geologia

Dal punto di vista geologico, le formazioni litoidi affioranti nella zona appartengono tutte alla serie toscana metamorfica e, dal basso verso l'alto, si ha:

- ❖ calcare selcifero (CLF) -
- ❖ marmi (MAA) -
- ❖ grezzoni (GR) -
- ❖ filladi (FAF) -

In particolare, in superficie dell'area oggetto di studio nelle immediate vicinanze affiorano rocce riferibili alla formazione dei marmi ed al calcare selcifero. Procedendo invece verso Est rispetto all'area di cava, una volta attraversato il fondovalle, sul versante opposto affiorano, prima, rocce riferibili ai grezzoni e successivamente alle filladi. La disposizione superficiale delle formazioni è rappresentata nella figura successiva (**Fig. 13**). In questa sede non è stato ritenuto necessario descrivere in dettaglio le singole formazioni, che comunque si presentano nella loro facies più tipica, ampiamente descritta nella letteratura geologica.

Dal punto di vista tettonico, le formazioni appartenenti alla Serie Metamorfica Toscana hanno subito più fasi deformative, legate a episodi compressivi e distensivi. La collisione tra il margine sud europeo e la microplacca adriatica ha portato ad una fase compressiva in cui la parte occidentale della microplacca stessa, di cui faceva parte l'area apuana, scorse sotto il margine continentale fino a portare le rocce appartenenti a questa zona a profondità di circa 10 Km dentro la crosta, dove subirono trasformazioni metamorfiche di una certa intensità, comunque facies Scisti Verdi. I calcari, depositatisi circa 180 milioni di anni prima, si trasformarono in marmi. Le formazioni apuane, nel loro complesso, sollecitate dalle spinte compressive diedero luogo ad una serie di accavallamenti che produssero grandi pieghe isoclinali; parallelamente ai piani assiali di queste ultime si generò, nei marmi ed in alcuni altri litotipi apuani, una scistosità di flusso pervasiva, (verso di macchia). In questa fase si formarono grandi pieghe isoclinali come la Sinclinale di Carrara, l'Anticlinale di Vinca e altre pieghe minori.

Quando il metamorfismo diminuì di intensità, al perdurare delle spinte compressive, si formarono le grandi faglie, inverse e trascorrenti, che interessano tutte le formazioni della serie metamorfica. Le spinte compressive divennero sempre meno intense finché si passò ad

una fase distensiva della crosta, che portò ad un denudamento tettonico e che, insieme a fenomeni erosivi, ha portato all'esumazione del complesso metamorfico apuano.

Si passò quindi da un regime compressivo ad uno distensivo in cui si svilupparono fasce di taglio duttile che causarono movimenti centrifughi rispetto al nucleo della catena. Questa fase deformativa originò altre pieghe da millimetriche a chilometriche e rimesse in movimento le faglie preesistenti generandone di nuove.

Più nello specifico, la zona di studio si colloca nella zona di piano assiale della Sinclinale di Carrara che al nucleo vede la presenza di una fascia allungata di calcari selciferi di spessore deca metrico, mentre sui fianchi affiorano rocce riferibili alla formazione dei marmi. La scistosità, dove osservabile, ha un andamento abbastanza regolare, con direzioni comprese tra 110° e 140°, immersione verso Sud Ovest, con pendenza variabile tra 35° e 50°. Questi valori sono abbastanza frequenti nel giacimento di Carrara, tipici delle zone poco interessate dalla tettonica plicativa delle fasi tardive. Ovviamente i valori di orientazione descritti sopra, possono subire locali variazioni indotte dalla presenza di accidenti tettonici, quali ad esempio faglie.



Regione Toscana



Regione Toscana - DB Geologico

Scala 1 : 10,000

1,593,769

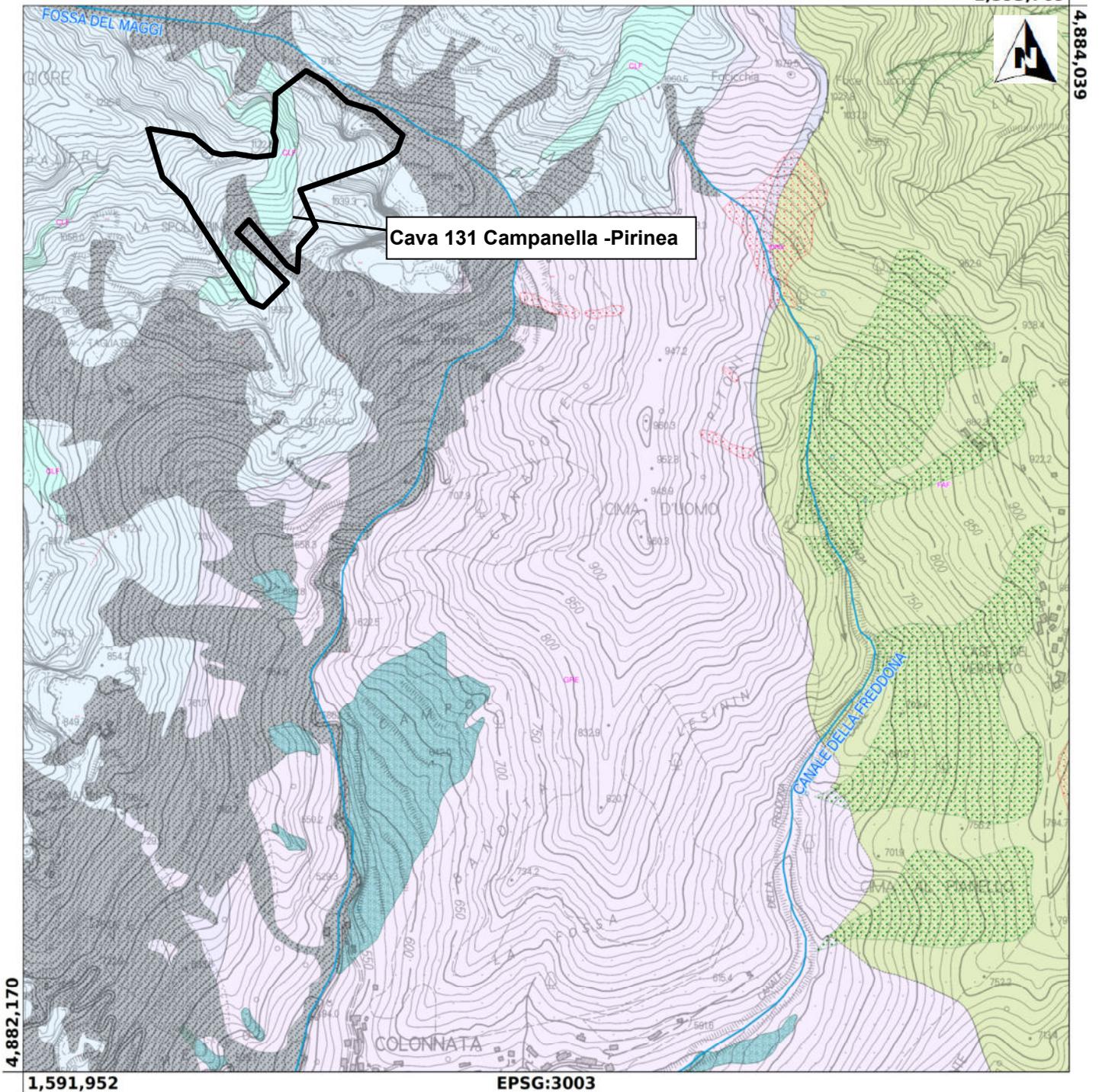


Fig. 13 – Inquadramento geologico da Geoscopio Regione Toscana. Scala 1:10.000

Legenda

Corsi



Specchi d'acqua



CTR 1:10.000 black

DataBase delle caratteristiche idrologiche e geotecniche dei terreni nei Depositi Superficiali

Cava o miniera

- cava attiva
- cava inattiva
- cava adibita a discarica
- saggio di cava
- cava in sottterraneo attiva
- cava in sottterraneo inattiva
- miniera attiva
- miniera inattiva

Risorsa idrica

- sorgente
- sorgente minerale
- sorgente termominerale
- pozzo per acqua

Depositi Superficiali da Geomorfologia

- Deposito di versante
- Deposito alluvionale inattivo Ghiaie
- Deposito eluvio-colluviale
- Deposito di origine mista
- Discarica di cava, ravaneto

Limite geologico

- contatto stratigrafico e/o litologico - certo
- contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio
- contatto stratigrafico e/o litologico - incerto
- contatto stratigrafico e/o litologico - sepolto
- faglia - certo
- faglia - incerto
- faglia - sepolto

Unita geologica areale

- CLF - Metacalcari selciferi LIAS MEDIO - LIAS SUPERIORE
- FAF - Filladi quarzítico-muscovitiche e cloritiche CAMBRIANO ? - ORDOVICIANO INFERIORE ?
- GRE - Grezzoni NORICO
- MAA - Marmi LIAS INFERIORE
- MDD - Marmi dolomitici LIAS INFERIORE
- VINa - Formazione di Vinca: Filladi grigio-verdastre, quarziti e metaconglomerati CARNICO - NORICO ?

5.3. Giacimentologia

Nella zona sono presenti alcune varietà merceologiche di marmo tra cui: il bianco ordinario, il nuvolato ed il venato (vedi **Fig.14**).

Il bianco ordinario è un marmo di ottima qualità, a grana media, con pasta di fondo di colore bianco-perlacea, attraversata da rare venature grigio-bluastre, dovute alla presenza di pirite micronizzata. Talvolta la massa di bianco ordinario può essere attraversato da livelli di potenza metrica, in cui affiorano altre varietà merceologiche più scure, quali marmo bardiglio o nuvolato, a grana più fine. Il venato, invece, è un marmo a grana media, con pasta di fondo di colore bianco perlaceo, solcato da sottili venature irregolari di colore grigio chiaro. In alcune zone sono state osservate piccole geodi, dette in dialetto "taroli", di forma allungata, con mineralizzazioni di calcite e solfuri.

L'esistenza di diverse varietà merceologiche potrebbe essere dovuta ad eventi sin-metamorfici che hanno causato locali addensamenti delle impurità, oppure variazioni laterali del deposito, determinate da irregolarità nel bacino di sedimentazione originario, quali alti e bassi morfologici.

Mentre il passaggio tra il bianco ordinario e il marmo scuro, bardiglio o nuvolato, è piuttosto netto anche se non rilevabile alla scala della carta geologica, quello con il venato è assai più sfumato, anche per la costanza della granulometria oltre che per l'affinità del colore.

Nel loro complesso le condizioni giacimentologiche sono tali da permettere uno sviluppo razionale e produttivo della coltivazione specialmente in sotterraneo ed in particolare per la tipologia bianco ordinario che caratterizza la maggior parte dell'area in disponibilità alle cave nn.136 e 131, come evidente nella seguenti figure.

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"

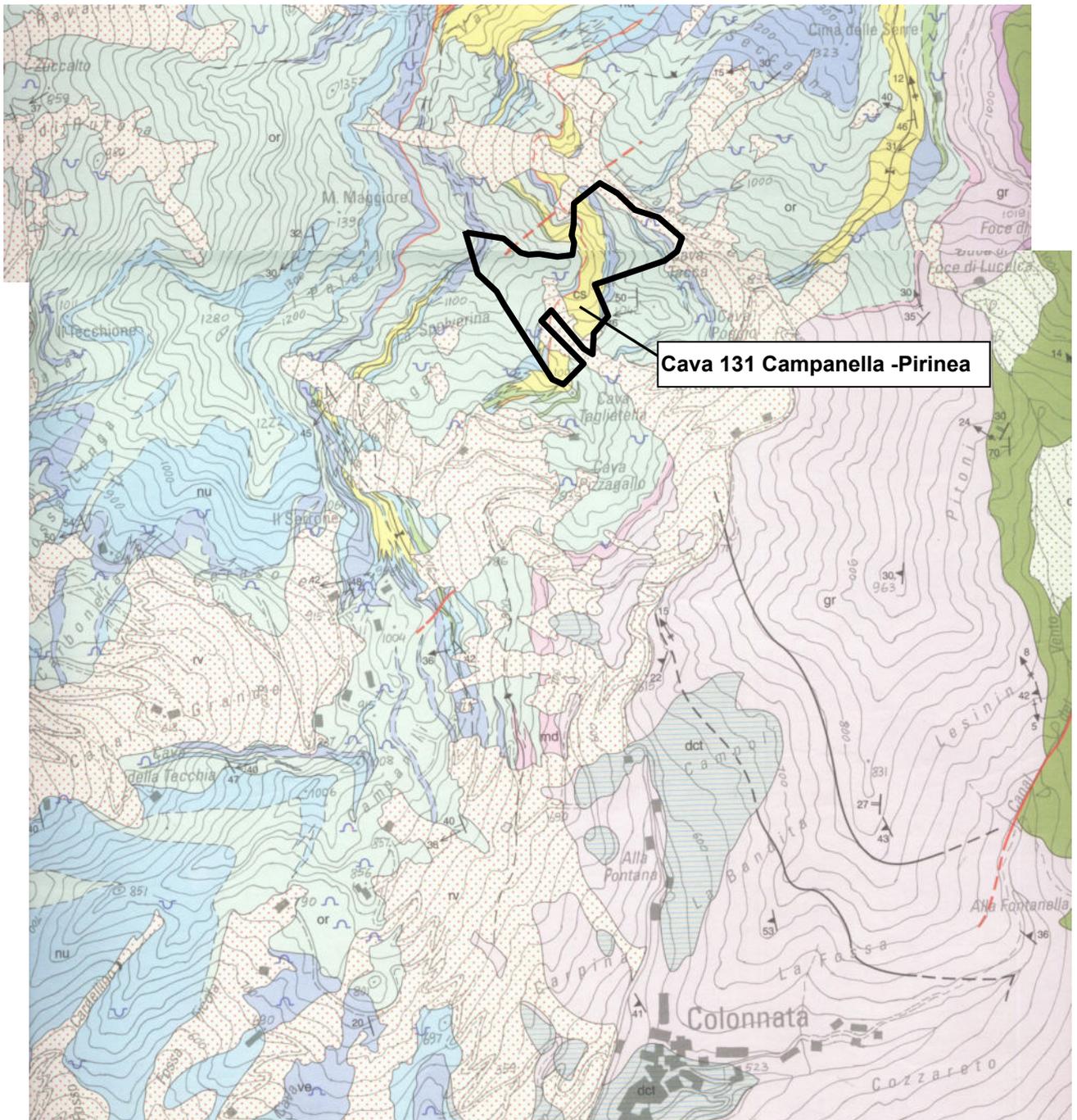


Fig. 14 – carta delle varietà merceologiche. (da Meccheri et Al.) Scala arbitraria

LEGENDA:

- rv: ravaneti
- cs: calcari selciferi
- ve: marmo venato
- nu: marmo nuvolato
- or: marmo ordinario

PIT/PPR: INVARIANTE I

I caratteri geomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici - Carta della merceologia delle pietre ornamentali

Cava
131

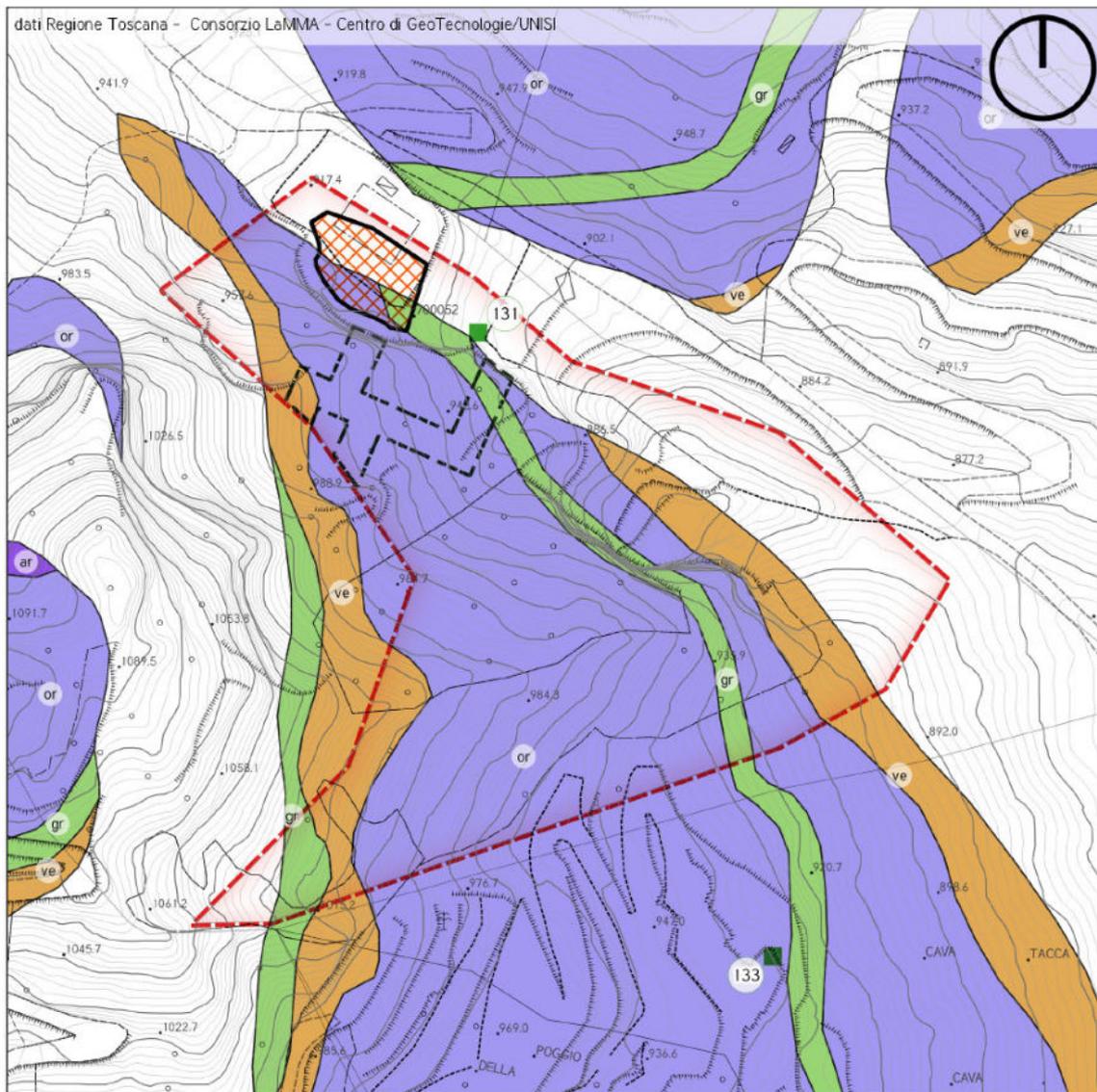
Legenda

Pietre Ornamentali

gr - marmo grigio

or - marmo ordinario

ve - marmo venato



2020-10-12T09:21:07.920

Fig. 15 – carta delle varietà merceologiche allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

PIT/PPR: INVARIANTE I

I caratteri geomorfologici dei bacini idrografici e dei sistemi morfogenetici - Carta della merceologia delle pietre ornamentali

Cava
132

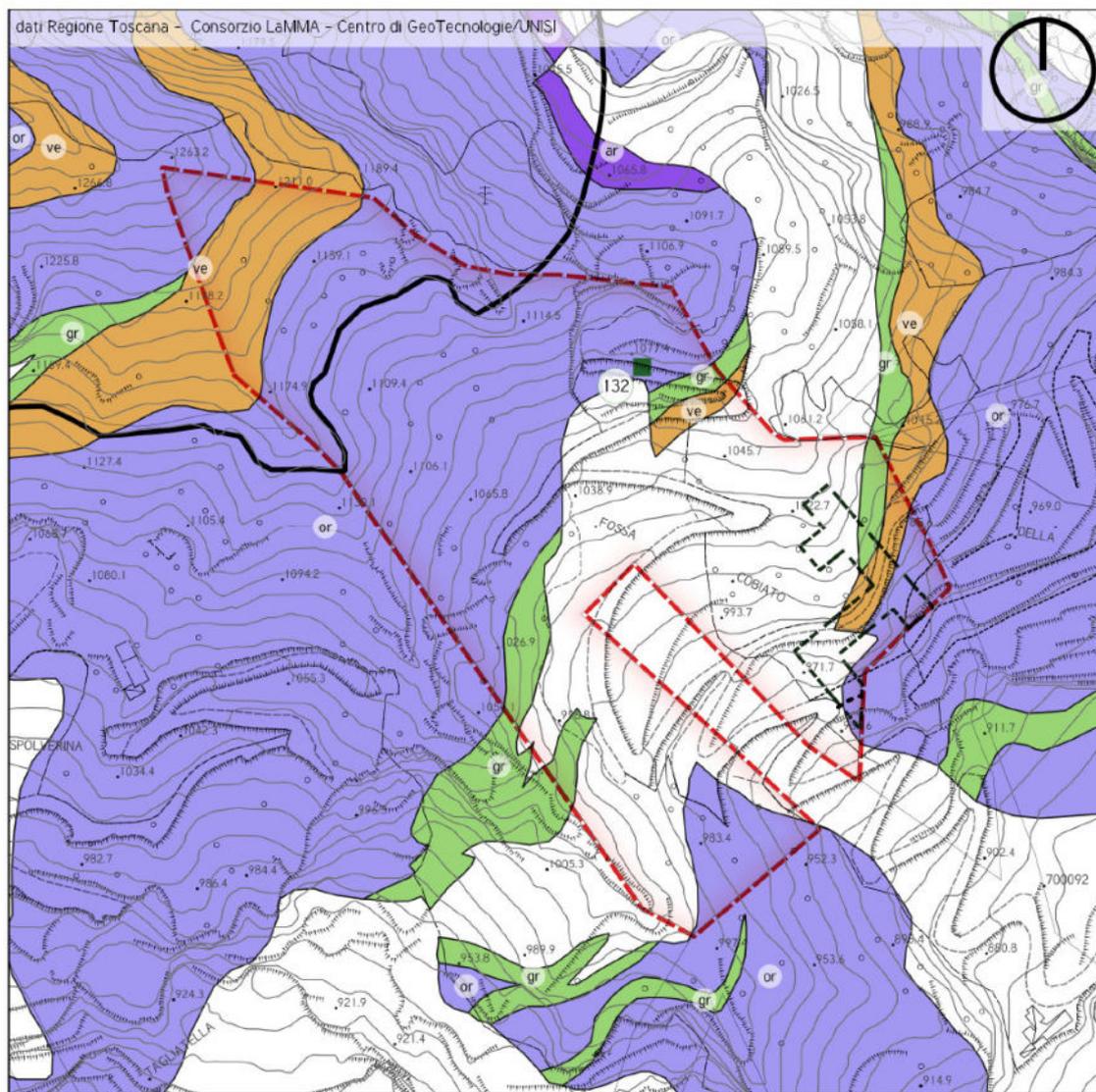
Legenda

Pietre Ornamentali

gr - marmo grigio

or - marmo ordinario

ve - marmo venato



2020-10-12T09:21:44.263

Fig. 16 – carta delle varietà merceologiche allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

5.4. Idrografia e idrogeologia

La zona è ubicata all'interno di un dosso secondario di 3° ordine, prolungamento di uno spartiacque di 2° ordine che si diparte dal soprastante M. Maggiore, rimanendo limitato:

- verso Nord dalla Fossa della Campanella
- verso Est dal fondovalle dei Canaloni;
- verso Sud dal Fosso Cobiato;
- verso Ovest dal prolungamento dello stesso dosso secondario su cui insiste il subgiacimento, la cui estensione areale si riduce salendo di quota.

Dal punto di vista idrogeologico, la permeabilità primaria si ha per la copertura detritica naturale ($k = 75\%$) e per i ravaneti ($k = 85\%$), tenuto conto del fatto che gran parte di questi si sono strutturati, come già detto, nel passato e quindi sono costituiti da clasti di pezzatura diversa di dimensioni superiori al decimetro cubo. Si individuano locali settori di ravaneto costituiti anche da materiale a granulometria minore, soprattutto per quanto riguarda le porzioni più prossime alla superficie topografica.

Per quanto riguarda gli affioramenti rocciosi, i marmi (**m**) e i calcari selciferi (**cs**) sono molto permeabili per fratturazione e carsismo, con un coefficiente di permeabilità che può raggiungere, in certe zone interessate da faglie o intensa fratturazione, anche il valore del 65%. I valori sopraddetti sono valutati in base ai dati della letteratura geologica e ad osservazioni locali basate sullo stato di fratturazione delle diverse formazioni.

Dal punto di vista della permeabilità, i litotipi affioranti all'interno dell'area di studio possono essere riuniti secondo tre classi:

- Classe I - terreni ad alta permeabilità per porosità ("ravaneti")
- Classe II - Rocce ad alta permeabilità per fessurazione e carsismo ("marmi")
- Classe III - Rocce a permeabilità medio-alta per fessurazione e carsismo ("calcari selciferi")

Le caratteristiche di permeabilità dei litotipi nell'area di indagine rivelano l'assenza di un livello impermeabile superficiale che permetta la formazione di un acquifero locale e, allo stesso tempo, favoriscono una circolazione idrica sotterranea, il cui andamento dipende dal grado di fratturazione delle rocce carbonatiche. Per l'individuazione delle caratteristiche idrogeologiche locali, si rimanda alla Fig.17 che rappresenta uno stralcio della Carta idrogeologica G4.1 (Tav. Nord) allegata ai PABE del comune di Carrara.

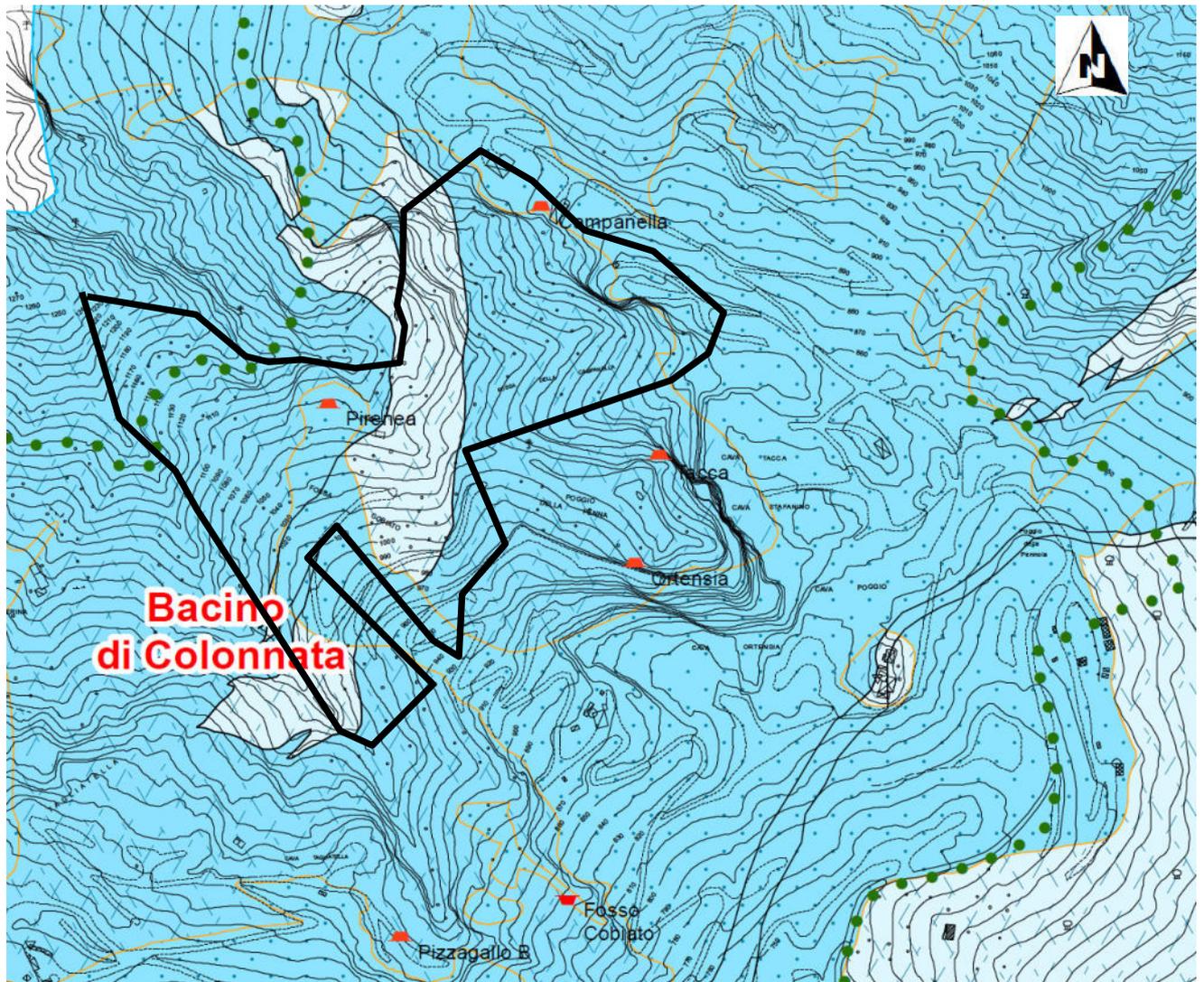
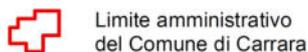


Fig. 17 – stralcio della Carta idrogeologica G4.1 (Tav. Nord)
allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

LEGENDA



Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in depositi quaternari, artificiali attuali e recenti (h3) Permeabilità primaria per porosità

Grado di permeabilità	Depositi quaternari, artificiali attuali e recenti (h3)
alta	5
medio-alta	4
media	3
medio-bassa	2 *
da bassa a molto bassa	1 *

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia Permeabilità secondaria

Grado di permeabilità	Complessi carbonatici		Complessi non carbonatici
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo	Permeabilità per fratturazione	Permeabilità per fratturazione
alta	V		
medio-alta	IV	IV	
media	III *	III *	
medio-bassa			II
da bassa a molto bassa			I

* Classi di permeabilità relativa non rappresentate nell'area di studio

— Contatto stratigrafico e/o litologico

Limiti dei complessi idrogeologici in roccia

— Emerso - - - - - Sepolto

Nel corso degli anni, il modello idrogeologico del complesso marmifero del carrarese è andato sempre più affinandosi e ha visto impegnate strutture universitarie e professionisti vari che hanno proposto nuovi approcci di studio e metodologie di indagine alternative. Lo "Studio Idrogeologico Prototipale del Corpo Idrico Significativo dell'Acquifero Carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e S.Maria del Giudice" elaborato Centro di Geotecnologie

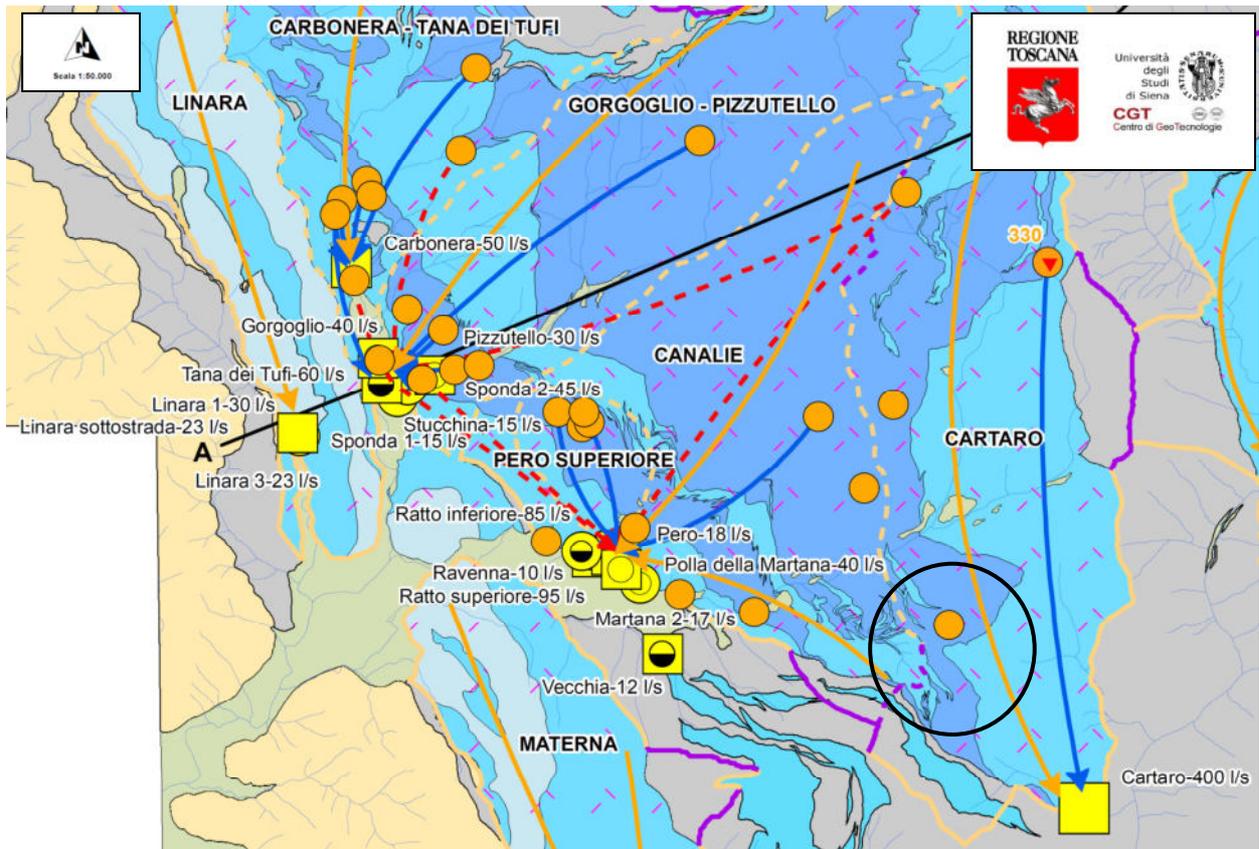
dell'Università degli Studi di Siena nell'anno 2007 ha permesso di elaborare un modello concettuale del deflusso sotterraneo ed una relativa Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici, anche per la zona oggetto di studio. Questa carta, di cui si fornisce uno stralcio in **Fig. 18**, mostra che per la zona di studio i punti di immissione dei traccianti non hanno messo in evidenza connessioni certe, incerte o presunte con le direttrici di deflusso sotterraneo anche se viene segnalato che la zona ricade all'interno dell'area presunta di alimentazione del sistema idrogeologico verso le sorgenti del Cartaro di Massa.

Il circuito idrogeologico sopradescritto, esplica il suo tragitto dapprima in maniera verticale attraverso piani di discontinuità particolarmente persistenti all'interno del substrato roccioso carbonatico, e poi in maniera prevalentemente orizzontale in profondità, al contatto con le formazioni filladiche e scistose, indirizzandosi, quindi, verso Sud.

All'interno dell'area di cava, allo stato attuale, esistono zone dove la fratturazione risulta molto spinta, cosiddette zone di finimento, ma non si rilevano discontinuità degne di nota a livello carsico come evidente anche dall'analisi della cartografia tematica consultabile sul portale Geoscopio della Regione Toscana. In virtù della elevata permeabilità secondaria per fessurazione delle rocce calcaree, dovuta alla situazione tettonica generale, non si individua alcuna sorgente nell'area di cava ed in area vasta, anche in questo caso come evidente dall'analisi della cartografia tematica consultabile sullo stesso portale Geoscopio.

Dal punto di vista idrografico, non si individua la presenza di un vero e proprio reticolo idrografico di scorrimento delle acque meteoriche locali; una parte di queste acque scorrono per ruscellamento diffuso e una buona parte tende ad infiltrarsi all'interno dei terreni detritici, "ravaneti", per poi essere assorbita dal sottostante ammasso roccioso fratturato.

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
 Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"

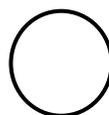


Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici
 Corpo Idrico Sotterraneo Significativo delle Alpi Apuane
 Allegato 9a

Fig. 18

LEGENDA
 LEGEND

Classi di permeabilità relativa
 per i complessi idrogeologici
 in roccia



Area di studio Cava n.136 Ortensia

Hydrogeological Units

	Complessi idrogeologici carbonatici <i>Carbonate Rocks</i>		Complessi idrogeologici non carbonatici <i>Non-carbonate Rocks</i>
	Permeabilità per fratturazione e/o carsismo <i>Fissured and Karst Flow</i>	Permeabilità per fratturazione <i>Fissured flow</i>	Permeabilità per fratturazione <i>Fissured flow</i>
V - Permeabilità alta <i>V - Highly Productive</i>			
IV - Permeabilità medio-alta <i>IV - Medium Productive</i>			
III - Permeabilità media <i>III - Moderately Productive</i>			
II - Permeabilità medio-bassa <i>II - Limited or Locally Productive</i>			
I - Permeabilità da bassa a molto bassa <i>I - Unproductive</i>			

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

Sorgenti

Springs

Sorgente captata senza informazioni sulla portata media

Tapped spring without mean discharge indication

□ portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente captata con indicazione della portata media

Tapped spring without mean discharge indication

- da 0 a 1 l/s
< 1 l/s
- da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s
- da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s
- da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s
- da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s
- da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s
- da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

Sorgente libera senza informazioni sulla portata media

Untapped spring without mean discharge indication

○ portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente libera con indicazione della portata media

Untapped spring without mean discharge indication

- da 0 a 1 l/s
< 1 l/s
- da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s
- da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s
- da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s
- da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s
- da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s
- da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

Sorgente di tipologia sconosciuta senza indicazioni della portata media

Spring (undefined) without mean discharge indication

△ portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente di tipologia sconosciuta con indicazione della portata media

Spring (undefined) without mean discharge indication

- ▲ da 0 a 1 l/s
< 1 l/s
- ▲ da 1 a 5 l/s
1 to 5 l/s
- ▲ da 5 a 10 l/s
5 to 10 l/s
- ▲ da 10 a 100 l/s
10 to 100 l/s
- ▲ da 100 a 500 l/s
100 to 500 l/s
- ▲ da 500 a 1000 l/s
500 to 1000 l/s
- ▲ da 1000 a 5000 l/s
1000 to 5000 l/s

Regime Sorgenti (Meinzer, 1927) per portate superiori ai 5 l/s

Spring regime (after Meinzer, 1927) for spring with mean discharge > 5 l/s

Sorgente captata
Tapped spring

- Regime costante (Rv < 25%)
Constant regime (Rv < 25%)
- Regime sub-variabile (25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime (25% < Rv < 100%)
- Regime variabile (Rv > 100%)
Variable regime (Rv > 100%)

✱ Sorgenti termali e minerali
Mineral and hot springs

Sorgente libera
Untapped spring

- Regime costante (Rv < 25%)
Constant regime (Rv < 25%)
- Regime sub-variabile (25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime (25% < Rv < 100%)
- Regime variabile (Rv > 100%)
Variable regime (Rv > 100%)

Sorgente di tipologia sconosciuta
Spring (undefined)

- ▲ Regime costante (Rv < 25%)
Constant regime (Rv < 25%)
- ▲ Regime sub-variabile (25% < Rv < 100%)
Sub-variable regime (25% < Rv < 100%)
- ▲ Regime variabile (Rv > 100%)
Variable regime (Rv > 100%)

Limiti di bacino

Watershed and Recharge Area Boundaries

Limite di bacino idrografico
Watershed divide



Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico coincidente con limite di bacino idrografico:

Recharge area boundary (same as watershed divide)

certo *Definite* ————

presunto *Inferred* - - - - -

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico:

Recharge area boundary

certo *Definite* ————

presunto *Inferred* - - - - -

Principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico

Groundwater Flow Direction

certa *Definite* →

incerta *Uncertain* - - - - -

presunta *Inferred* →

Principali cavità carsiche con indicazione del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento)
Dye test (cave)



Punto di immissione di traccianti idrogeologici naturali
Dye test (fracture)



Sezioni Idrogeologiche

Hydrogeological Cross-Sections

Traccia di sezione idrogeologica
Hydrogeological Cross-Sections



Idrografia superficiale
Surface Waters

Reticolo idrografico
Stream network



Laghi naturali e artificiali
Natural and artificial lakes



5.5. Sismicità

Il territorio comunale di Carrara con l'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003, che definisce la classificazione sismica del territorio nazionale e le nuove norme tecniche per la costruzione in zona sismica, viene confermato in II CATEGORIA; secondo quanto previsto dalla normativa regionale in materia sismica (O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 e D.G.R.T. n° 431 del 19/06/2006), il comune di Carrara viene classificato in ZONA 3S (CLASSE MOBILE) mantenendo il livello di protezione della ZONA 2 ($A_g/g = 0.25$) (vedi Fig.19).

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni:

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.	Accelerazione orizzontale con probabilità di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (A_g/g).
1	> 0,25	0,35
→2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio di "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito in costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

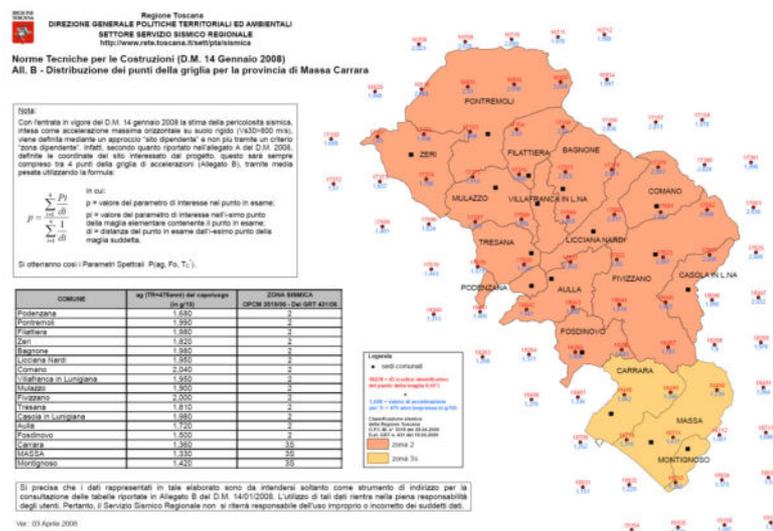


Fig. 19: Distribuzione dei punti di calcolo di a_g per la Provincia di Massa-Carrara

In ottemperanza alla nuova normativa, D.M. 14/01/2008 e relativo aggiornamento con D.M. 17/01/08, devono essere ricavati un insieme di parametri definiti come “azioni sismiche di progetto” a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione; quest’ultima è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “ probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} . Si rimanda al capitolo successivo.

6. ANALISI DI SITO

Specifiche prospezioni sismiche in onde SH, eseguite su litotipi ed in contesti analoghi a quello che caratterizza il sito di intervento, indicano, per il substrato roccioso marmo, valori di V_{s30} , e quindi V_s equivalente, superiori a 800 m/s che, ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo “L'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, D.M. 17/01/18, concorrono ad ascrivere il terreno come appartenente alla Categoria A di sottosuolo. Indagini in sismica passiva a stazione singola, elaborati attraverso la metodologia basata sul rapporto spettrale H/V (HVSr), effettuate da ditta specializzata su alcuni ravaneti nelle vicinanze, prospettano velocità della copertura detritica comprese tra 380 e 400 m/s e velocità del substrato marmoreo maggiori di 900 m/s. Da sottolineare il fatto che, in presenza delle coltri detritiche antropiche localmente denominate "ravaneti", la profondità del substrato roccioso non risulta mai superiore a 30 m per cui si ritiene plausibile assegnare al sottosuolo la Categoria B.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

	Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
Caso Marmo	A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
Caso Ravaneti	B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
	C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
	D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
	E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Le condizioni topografiche ricadono cautelativamente, per il sito di intervento, nella Categoria Topografica T2 come evidente dalla seguente tabella estratta dalla normativa in esame, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografico pari a 1,2. S_s è l'effetto di amplificazione stratigrafica ed è funzione di F_o secondo le relazioni espresse nella tab. 3.2 .V; C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo, come indicato nella medesima tab. 3.2 .V

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_o \text{ (ag/g)} \leq 1,20$	$1,10 (T+c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_o \text{ (ag/g)} \leq 1,50$	$1,10 (T+c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_o \text{ (ag/g)} \leq 1,80$	$1,10 (T+c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_o \text{ (ag/g)} \leq 1,60$	$1,10 (T+c)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – espressioni di s_s e c_c (NTC 2008/2018)

6.1. Azione sismica

Le **azioni sismiche di progetto** si definiscono a partire dalla "**pericolosità sismica di base**" del sito di costruzione, quest'ultima è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento" V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

La pericolosità sismica viene definita in termini di:

- Accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria C), con superficie topografica orizzontale (categoria T_1);
- Ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , che nel caso specifico corrisponde a 50 anni in quanto derivante dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

in cui:

V_N = vita nominale in anni (desumibile dalla tab 2.4.1 NTC 2008)

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

C_U = coefficiente d'uso (desumibile dalla tabella dei Coefficienti d'uso in funzione della classe d'uso 2.4. II NTC 2008)

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

Vita nominale delle costruzioni (2.4.1 NTC 2008)

CLASSE I	Presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
→ CLASSE II	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...].
CLASSE III	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
CLASSE IV	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...].

Classi d'uso delle costruzioni (2.4.2 NTC 2008)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Coefficienti d'uso in funzione della classe d'uso (2.4. II NTC 2008)

Infine secondo le NTC 2008 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag** accelerazione orizzontale massima del sito
- Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T*c** periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

6.2. Stima parametri e coefficienti sismici

Per la determinazione dell'accelerazione sismica orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido a_g è necessario conoscere le coordinate geografiche dell'opera da verificare.

A questo punto è possibile determinare la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto. Tale procedura è stata effettuata, come di seguito riportato, tramite l'applicativo desktop "Geostru PS" della ditta Geostru, fruibile in rete.

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

Come indicato nelle successive figure, la stima dei parametri e coefficienti sismici è stata effettuata, secondo la metodologia sopraesposta, considerando le due situazioni presenti in cava e cioè:

- affioramento del **substrato marmoreo**
- presenza di **ravaneto su substrato marmoreo**

Parametri sismici
determinati con GeoStru PS

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,100650 [°]

longitudine: 10,156441 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18489	44,087580	10,149270	1562,1
Sito 2	18490	44,089520	10,218860	5136,0
Sito 3	18268	44,139480	10,216150	6431,2
Sito 4	18267	44,137530	10,146600	4175,4

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,053	2,447	0,239
Danno (SLD)	63	50	0,067	2,452	0,255
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,169	2,399	0,286
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,217	2,392	0,291

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,013	0,006	0,621	0,200
SLD	1,000	1,000	1,200	0,016	0,008	0,788	0,200
SLV	1,000	1,000	1,200	0,055	0,027	1,992	0,270
SLC	1,000	1,000	1,200	0,078	0,039	2,557	0,300

Fig. 20 - determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici di sito nel caso di affioramento del substrato marmoreo

Parametri sismici
determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,101609 [°]

longitudine: 10,157454 [°]

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

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18489	44,087580	10,149270	1691,3
Sito 2	18490	44,089520	10,218860	5084,7
Sito 3	18268	44,139480	10,216150	6299,7
Sito 4	18267	44,137530	10,146600	4087,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,053	2,447	0,239
Danno (SLD)	63	50	0,067	2,452	0,255
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,170	2,400	0,286
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,218	2,393	0,291

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,470	1,200	0,015	0,008	0,747	0,200
SLD	1,200	1,450	1,200	0,019	0,010	0,948	0,200
SLV	1,200	1,410	1,200	0,059	0,029	2,397	0,240
SLC	1,190	1,410	1,200	0,087	0,044	3,053	0,280

Geostru

Fig. 21 - determinazione dei parametri e dei coefficienti sismici di sito nel caso di presenza di ravaneto su substrato marmoreo

7. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico dei terreni costituenti l'areale di cava oggetto del presente studio è stato ricostruito sulla base dei rilievi effettuati, in considerazione del fatto che possono essere presenti al massimo due litotipi. Infatti, dove il marmo è affiorante alla superficie topografica, avremo un solo litotipo definito come "substrato marmoreo", mentre dove presenti coltri di detrito più o meno potenti (comunque sempre inferiori a 30 m di spessore) avremo due litotipi, cioè un substrato marmoreo sepolto e un terreno detritico di tipo antropico a prevalente componente granulare.

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche del litotipo "marmo", oltre all'utilizzo dei dati derivanti dalle indagini geofisiche menzionate ai capitoli precedenti, sono stati condotti specifici rilievi geostrutturali e geomeccanici, seguendo le Norme ISRM (1978), successivamente rielaborati mediante i criteri di Classificazione di Bieniawski (1989) che hanno permesso, in considerazione di molteplici parametri osservati in affioramento, di attribuire all'ammasso roccioso determinati indici utilizzabili per ricavarne i relativi parametri geotecnici. Tali rilievi sono stati effettuati nella vicina cava n.136 Ortensia, il sotterraneo della quale costituirà il naturale prolungamento delle gallerie previste per la cava oggetto del presente progetto. Pertanto, la trattazione geostrutturale e geomeccanica viene ripresa dagli studi effettuati di recente presso la cava n.136 Ortensia

7.1. Studio della fratturazione

Al fine di caratterizzare la situazione geotrutturale e geomeccanica dell'ammasso roccioso in prossimità delle zone in lavorazione, gli studi specialistici effettuati durante gli ultimi anni per l'area in disponibilità alla cava n.136, hanno permesso di censire le fratture con sviluppo superiore ai 2 metri, seguendo i criteri dettati dalle Norme ISRM 1978; di ognuna di esse, oltre all'andamento generale, sono state osservate anche le caratteristiche più importanti, come l'apertura, la rugosità, la penetratività, le condizioni idrauliche e la presenza di riempimento.

Le misure delle fratture sono state trattate utilizzando criteri di elaborazione statistica che hanno permesso di elaborare statisticamente i dati rilevati al fine di ottenere le caratteristiche geometriche dei vari sistemi di frattura presenti.

Le figure seguenti mostrano, attraverso analisi geostatistica su reticolo di Schmidt, i valori medi di giacitura rappresentativi dei sistemi di discontinuità individuati rispettivamente per il cantiere inferiore a cielo aperto, per quello in sotterraneo e per quello superiore a cielo aperto.

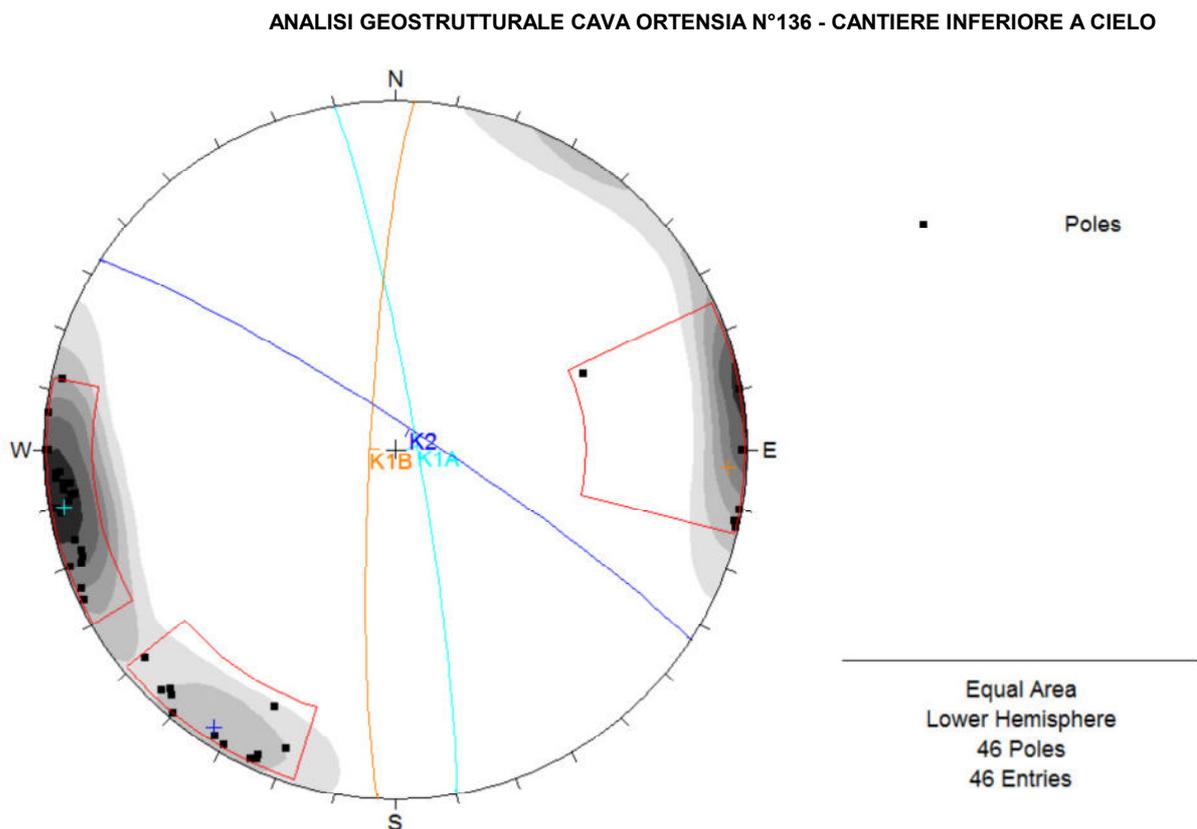


Fig. 22: analisi geostatistica delle misure rilevate nel cantiere inferiore a cielo aperto

Cava n.136 – ORTENSIA - Cantiere inferiore a cielo aperto				
Sistema	Direzione (°)	Inclinazione (°)	Immersione	Dip dir / dip (°)
K1A	N 169	85	NE	79/85
K1B	N 3	84	NW	273/84
K2	N 123	84	NE	33/84

tab. n.1: caratteristiche geometriche dei sistemi di fratture rilevati nel cantiere inferiore a cielo aperto

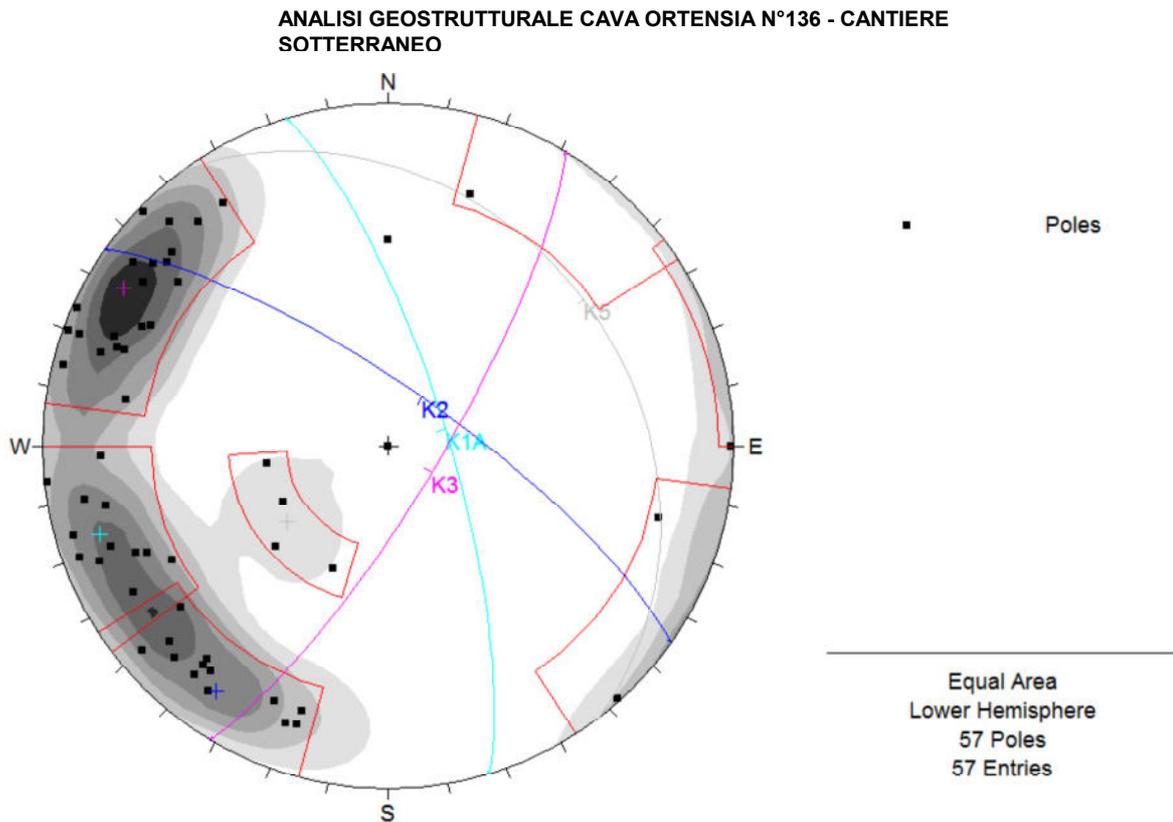


Fig. 23: analisi geostatistica delle misure rilevate nel cantiere sotterraneo

Cava n.136 – ORTENSIA - Cantiere sotterraneo				
Sistema	Direzione (°)	Inclinazione (°)	Immersione	Dip dir / dip (°)
K1A	N 163	76	NE	73/76
K2	N 125	76	NE	35/76
K3	N 31	78	SE	121/78
K5	N 143	30	NE	53/30

tab. n.2: caratteristiche geometriche dei sistemi di fratture rilevati nel cantiere sotterraneo

ANALISI GEOSTRUTTURALE CAVA ORTENSIA N°136 - CANTIERE SUPERIORE A CIELO

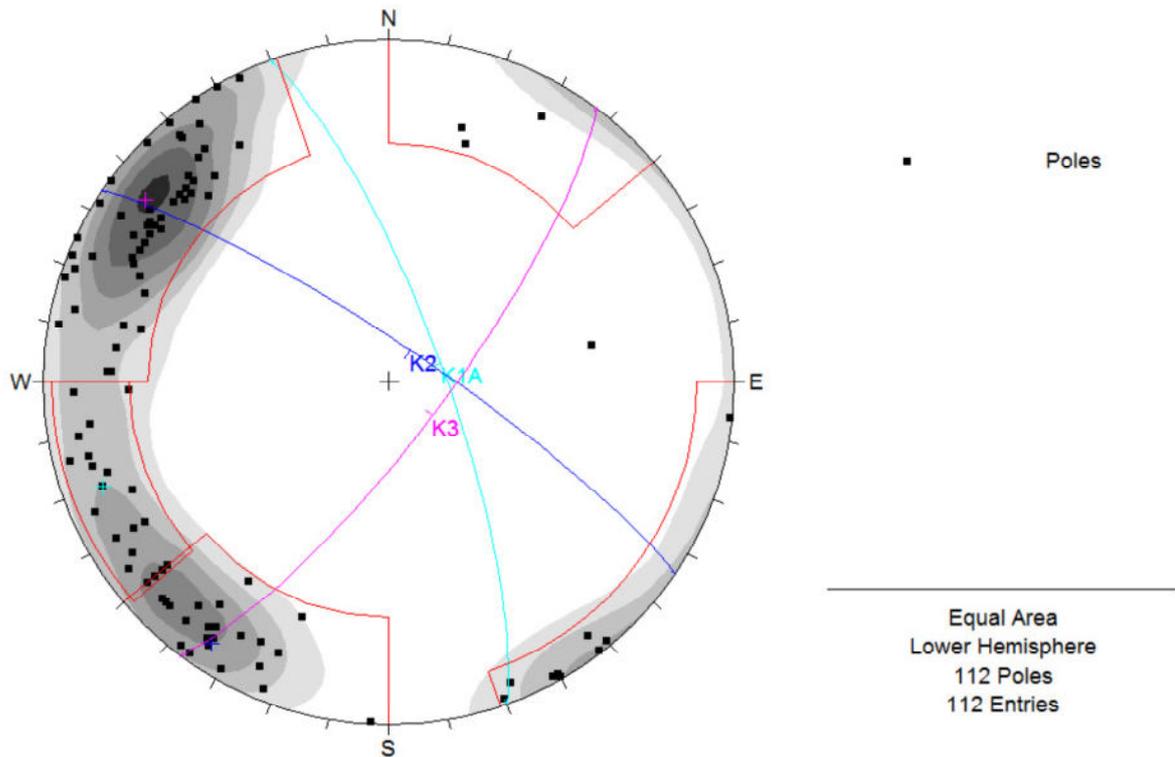


Fig. 24: analisi geostatistica delle misure rilevate nel cantiere superiore a cielo aperto

Cava n.136 – ORTENSIA - Cantiere superiore a cielo aperto				
Sistema	Direzione (°)	Inclinazione (°)	Immersione	Dip dir / dip (°)
K1A	N 160	77	NE	70/77
K2	N 124	81	NE	34/81
K3	N 37	77	SE	127/77

tab. n.3: Caratteristiche geometriche dei sistemi di fratture rilevati nel cantiere superiore a cielo aperto

7.2. Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski (1989)

I dati ricavati dai rilievi geomeccanici effettuati in precedenza sono stati utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso. Attraverso appositi indici, che hanno lo scopo di permettere una valutazione preliminare delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nel suo complesso è stata effettuata una classificazione non solo qualitativa, ma anche quantitativa dell'ammasso roccioso; a tale scopo è stato utilizzato il sistema classificativo di Bieniawski (1989), basato sulla determinazione dell'indice RMR.

Le osservazioni di campagna sulle fratture hanno permesso di classificare l'ammasso secondo il criterio di Bieniawski (1989). La classificazione di Bieniawski si basa sulla stima di cinque parametri, A1, A2, A3, A4, A5, A6 relativi allo stato della roccia (Fig.25). Nella tabella, ad

ogni parametro viene assegnato un valore numerico; l'innovazione proposta da Bieniawski nella classificazione del 1989 sta nel fatto che l'autore ha fornito alcuni grafici che permettono di risalire ai valori puntuali stimati relativamente ai primi tre parametri, A1, A2, A3, come riportato nelle figure 26 a/b/c. La somma degli indici ricavati per i cinque parametri permette così di ottenere l'indice RMR_{base} .

Confrontando la giacitura delle discontinuità rilevate rispetto alla direzione dei fronti in coltivazione, è stato possibile stimare l'indice di correzione I_c secondo tabelle riportate in bibliografia. Applicando il valore relativo all'indice di correzione (I_c) al RMR_{base} calcolato si ha l'indice $RMR_{corretto}$. Quest'ultimo viene poi inserito in appositi abachi ottenendo un giudizio sulla qualità dell'ammasso roccioso. Si rammenta che il suddetto indice costituisce una quantificazione di massima e alla macro e meso scala della qualità dell'ammasso roccioso analizzato; risulta evidente che, in quelle zone di cava dove gli incroci delle fratture risultano più fitti o dove sono presenti fasci di discontinuità molto persistenti, tale indice può subire una sensibile variazione, in negativo, rispetto al valore medio ottenuto.

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

Rock Mass Rating System (After Bieniawski 1989).

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	Ground water	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.

Fig.25: Indici per la classificazione di RMR, Bieniawki 1989

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"

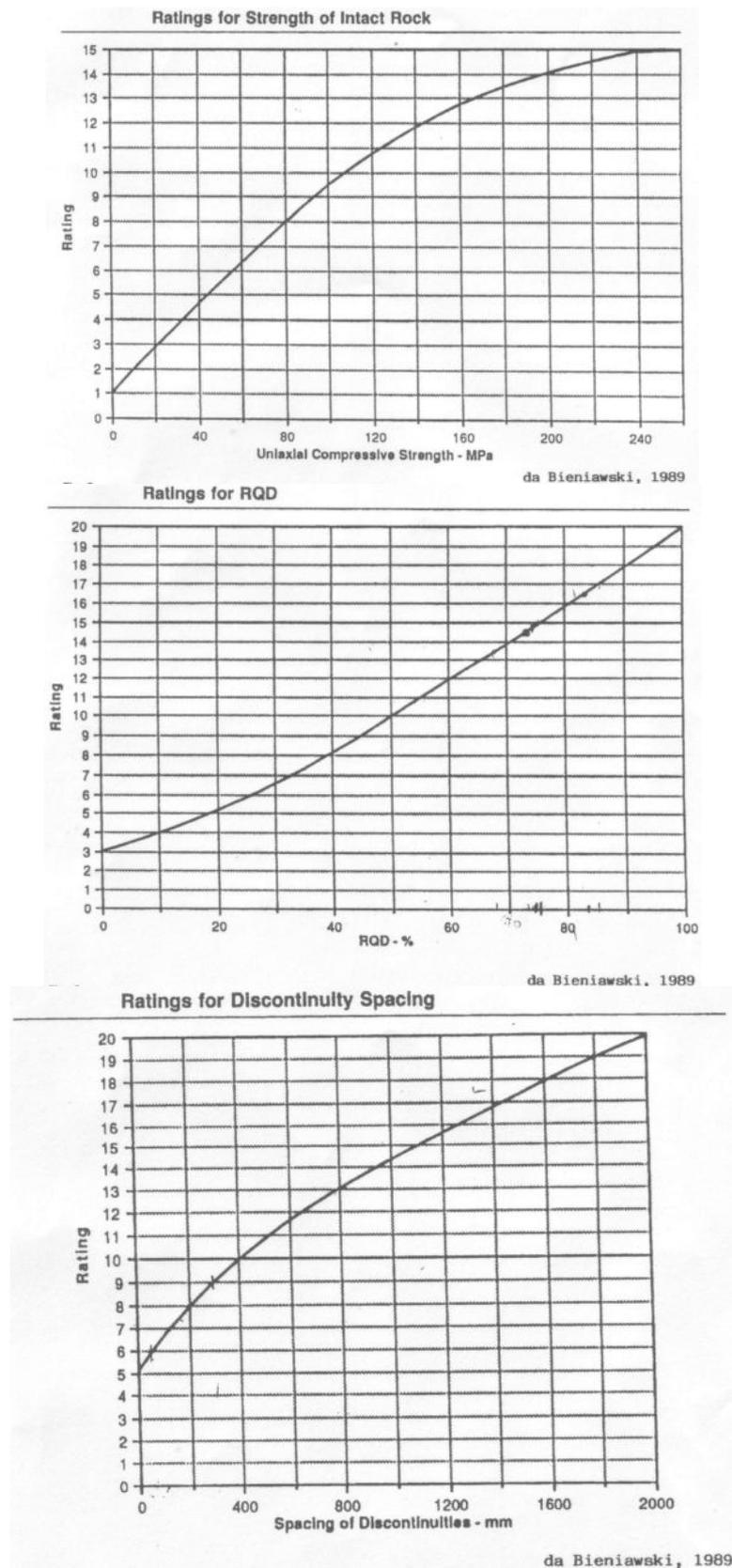


Figure 26 a/b/c: grafici di Bieniawski (1989) per il calcolo degli indici A1, A2, A3

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

Per quanto riguarda il caso in esame nel suo complesso, i valori dei parametri e gli indici ad essi associati secondo la classificazione di Bieniawski 1989, per il caso dei cantieri a cielo aperto e per quelli in sotterraneo, sono illustrati nella tabella seguente:

CAVA 136 - RMR – CANTIERI A CIELO APERTO			
Parametro		Valore	Indice (rating RMR)
A1	Resistenza roccia intatta Compressione uniassiale	100 Mpa	9.4
A2	RQD medio	75%	14.7
A3	Spaziatura media	1.0 m	14.3
A4	Condizioni delle discontinuità		
	4.1 Persistenza	> 20 m	0
	4.2 Apertura	1 ÷ 5 mm	1
	4.3 Scabrezza	Debolmente rugose	3
	4.4 Riempimento	Duro < 5mm	4
	4.5 Alterazione	Poco alterate	5
A5	Venute d'acqua su 10m	Nessuna	15
		RMR_{base}	66.4
A6		Correzione (Ic)	-5
		RMR_{corretto}	61.4

tab. 4: Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Bieniawski (1989).
Cantieri a cielo aperto

CAVA 136 - RMR – CANTIERE IN SOTTERRANEO			
Parametro		Valore	Indice (rating RMR)
R1	Resistenza roccia intatta Compressione uniassiale	100 Mpa	9.4
R2	RQD	75%	14.7
R3	Spaziatura	1.0 m	14.3
R4	Condizioni delle discontinuità		
	4.1 Persistenza	> 20 m	0
	4.2 Apertura	1 ÷ 5 mm	1
	4.3 Scabrezza	Debolmente rugose	3
	4.4 Riempimento	Duro < 5mm	4
	4.5 Alterazione	Poco alterate	5
R5	Venute d'acqua su 10m	< 10 l/min	10
		RMR_{base}	61.4
R6		Correzione (Ic)	-2
		RMR_{corretto}	59.4

tab. 5: Classificazione dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Bieniawski (1989).
Cantieri in sotterraneo

I valori di RMR base ottenuti, compresi tra 61.4 e 66.4, permettono di classificare l'ammasso roccioso alla base della **classe II** ⇒ Ammasso roccioso di buona qualità; da questo valore, secondo Bieniawski, si può risalire al *range* di valori medi della coesione e dell'angolo di attrito che caratterizzano l'ammasso roccioso in esame:

Coesione ammasso roccioso C ⇒ 300 ÷ 400 kPa; Angolo di attrito φ ⇒ 35° ÷ 45°

Inoltre dal valore del RMR base è stato possibile risalire all'indice GSI, che risponde ai più moderni criteri classificativi di Hoek et al., mediante la relazione $GSI = RMR \text{ base drenato} - 5$ per cui:

$$GSI = 66.4 - 5 = 61.4$$

A questo punto, seguendo le raccomandazioni di Hoek et al., appare maggiormente realistico assegnare al GSI un intervallo di ± 2 , per cui:

$$59.4 \leq GSI \leq 63.4$$

7.3. Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante

I rilievi e le elaborazioni sopradescritti hanno permesso di ricavare il seguente modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante:

LITOLOGIA	PESO DI VOLUME NATURALE $\gamma_w \text{ (Kg/m}^3\text{)}$	PESO DI VOLUME SATURO $\gamma_s \text{ (Kg/m}^3\text{)}$	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO ϕ	COESIONE $c \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Substrato marmoreo	2700	2700	$35^\circ \div 45^\circ$	$3,0 \div 4,0$

tab. 6: Modello geologico substrato roccioso affiorante

7.4. Modello geologico in presenza di "ravaneti"

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti la copertura detritica antropica di cava, cosiddetti "ravaneti", oltre ai rilievi diretti nell'area di cava, alle indagini sismiche eseguite per precedenti studi effettuati in analoghi contesti di cava, sono stati utilizzati dati di letteratura pubblicati da vari enti in occasione di casi di studio ai fini della valutazione della stabilità. In particolare, sono stati presi in considerazione i seguenti lavori pubblicati ufficialmente:

- *"Sulla stabilità delle discariche di materiali lapidei"* a cura di Panei, Forlani, Tardi, pubblicato su rivista *"Quarry & Construction"*, dicembre 2000;
- *"Discariche di cava e instabilità dei versanti: valutazione preliminare di alcuni fattori significativi nel bacino marmifero di Carrara (Italia)"* a cura di Cortopassi, Daddi, D'Amato Avanzi, Giannecchini, Lattanti, Merlini, Milano, pubblicato su *"Italina Journal of Engineering Geology and Environment, Special Issue"*, 2008
- *"Static and dynamic analyses of the stability of mining wastes (ravaneti) in the Carrara marble area (Apuan Alps, Italy)"* a cura di Oreste, Soldano, pubblicato sul Volume n.57 di *"Archives of Mining Sciences"*, 2012.

Di seguito, per il caso di presenza di coltre detritica antropica (ravaneto), si fornisce una sintesi dei parametri geotecnici e geomeccanici medi, e quindi del modello geologico, assegnati ai singoli litotipi utilizzando le metodologie sopraesposte:

LITOLOGIA	PESO DI VOLUME NATURALE γ_w (Kg/m ³)	PESO DI VOLUME SATURO γ_s (Kg/m ³)	ANGOLO D'ATTRITO INTERNO ϕ	COESIONE c (Kg/cm ²)
Detrito (ravaneto)	1800÷1900	2000÷2100	50°÷37°	0,0 ÷ 0,6
Substrato marmoreo	2700	2700	35° ÷ 45°	3,0 ÷ 4,0

tab. 7: Modello geologico ravaneti su substrato roccioso

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In ultima analisi, la presente relazione ha permesso, sulla base delle indagini e dei rilievi effettuati, di definire il modello geologico caratterizzante in sito di intervento, in ottemperanza al D.M. 17.01.18 e s.m.i. ed alle normative sismiche regionali, che rappresenta la base per le successive fasi di progettazione geotecnica delle future lavorazioni.

Dal punto di vista della fattibilità preliminare degli interventi di progetto, non si riscontrano particolari problematiche in relazione a quanto disposto dai vigenti PABE del Comune di Carrara, di cui si allega di seguito matrice della fattibilità preliminare in relazione all'Allegato 9 delle NTA dei PABE stessi, elaborata per gli interventi di progetto indicati dal Geom. Alessandro Agostini e dall'Ing. Claudia Chiappino. Si ricorda di riferirsi agli articoli di legge contenuti nelle NTC dei PABE per l'individuazione delle fattispecie prescrittive in relazione alle classi di fattibilità qui individuate.

In definitiva, gli interventi previsti dal nuovo piano di coltivazione si ritengono fattibili dai punti di vista geologico/geotecnico, geomorfologico, sismico, idraulico ed idrogeologico, ovviamente nel rispetto delle analisi e considerazioni sopra riportate.

Carrara, aprile 2025

Dott. Geologo Maurizio Profeti
Firmato digitalmente
PRFMRZ73C19B832X

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica per la cava Cava n.131 "CAMPANELLA - PIRINEA"
Progetto di coltivazione coordinato con la cava n.136 "ORTENSIA"**

ALLEGATO 1 - art. 9 NTG - Matrice della Fattibilità - PABE COMUNE DI CARRARA

N°int.	Tipologie di intervento ammesse	Fattibilità geologica			Fattibilità idraulica			Fattibilità sismica		
		Pericolosità geologica			Pericolosità idraulica			Pericolosità sismica		
		G.3a	G.3b	G.4	I.1	I.3	I.4	S.2	S.3	S.4
		P.F.E.	P.F.M.E.		P2	P3				
1	Piazzali di cava	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F1s
2	Nuovi fronti di coltivazione a cielo aperto e scarpate naturali connesse	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
3	Nuovi ingressi in galleria	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
4	Escavazione in sotterraneo	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F3s
5	Area di stoccaggio temporaneo di materiali da taglio per uso ornamentale, come definiti dall'art. 2, comma 1, lett. c, punto 2.1 della LR 35/2015	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
6	Area di stoccaggio temporaneo dei derivati dei materiali da taglio per uso ornamentale, come definiti dall'art. 2, comma 1, lett. c, punto 2.2 della LR 35/2015	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
7	Area di stoccaggio temporaneo di materiale secondario di lavorazione utilizzabile in altri cicli produttivi, ovvero "sottoprodotti" da destinare al mercato, dichiarati tali nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi della LR 78/98	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
8	Area di stoccaggio temporaneo di scarti di lavorazione di cave per uso ornamentale utilizzati temporaneamente in cava (D.Lgs 117/2008)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
9	Area di stoccaggio temporaneo di rifiuti di lavorazione di cave per uso ornamentale da inviare ad impianti di recupero o a smaltimento (D.Lgs. 152/2006)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F1s
10	Aree per installazione impianti e/o fabbricati di servizio all'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F3s
11	Aree per installazione strutture mobili di servizio all'attività estrattiva	F2g	F2g	F4g	F1i	F3i	F4i	F1s	F1s	F2s
12	Aree da destinarsi a bacini raccolta acque	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F2s
13	Manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità di arroccamento su roccia	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
14	Manutenzione straordinaria e/o nuova viabilità di arroccamento su detriti di escavazione o su coperture eluvio-colluviali	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
15	Sistemazione vie di arroccamento in disuso	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
16	Aree per inverdimento "naturale"	F1g	F2g	F2g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
17	Messa in sicurezza pareti rocciose "residuali" (tecchie)	F1g	F3.3g	F3.3g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
18	Bonifica e messa in sicurezza dei depositi detritici di escavazione (ravaneti)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
19	Modellazioni morfologiche di risistemazione in roccia e/o detrito	F2g	F2g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
20	Manutenzione straordinaria di edifici a servizio dell'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
21	Ristrutturazione di edifici a servizio dell'attività estrattiva	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
22	Impianti di derivazione idrica	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F3i	F3i	F1s	F1s	F1s
23	Manutenzione ordinaria (1)	F1g	F1g	F1g	F1i	F1i	F1i	F1s	F1s	F1s
24	Manutenzione straordinaria (1)	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F2i	F3i	F1s	F2s	F3s
25	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che non comportino sovraccarichi sulle fondazioni (1)	F1g	F1g	F2g	F1i	F2i	F2i	F1s	F1s	F1s
26	Restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che comportino sovraccarichi sulle fondazioni (1)	F3.2g	F3.3g	F3.3g	F1i	F2i	F2i	F1s	F2s	F3s
27	Ristrutturazione edilizia conservativa (1)	F2g	F2g	F3.3g	F1i	F2i	F3i	F2s	F3s	F3s
28	Ristrutturazione edilizia ricostruttiva (1)	F3.3g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
29	Addizione volumetrica (1)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
30	Sostituzione edilizia (1)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
31	Demolizione senza ricostruzione (1)	F1g	F2g	F2g	F1i	F2i	F2i	F1s	F2s	F2s
32	Ristrutturazione urbanistica (1)	F3.3g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
33	Impianti tecnici e reti tecnologiche interrati (acquedotti, fognature, sistemi per il trasporto dell'energia e delle telecomunicazioni, gasdotti e simili)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F2i	F2i	F2s	F3s	F4s
34	Impianti tecnici e reti tecnologiche fuori terra (telecomunicazioni, elettrodotti, eolico)	F2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F4i	F2s	F3s	F4s
35	Opere per la messa in sicurezza del versante e/o la mitigazione del rischio: muri di contenimento in c.a. e/o opere di ingegneria naturalistica (fondate su basamenti in c.a.) di entità non modesta (2)	F3.2g	F3.3g	F4g	F1i	F3i	F3i	F1s	F3s	F3s

NOTE PRESCRITTIVE

1: le tipologie di intervento ammesse sul patrimonio edilizio esistente dalla Matrice di Fattibilità (N° int. 23/32) sono individuate ai sensi della L.R. 65/2014 e si riferiscono agli interventi ammessi dal PABE relativamente a ciascuna classificazione degli edifici e/o delle zone urbanistiche definite nelle NTA

2: corrispondono a opere di altezza superiore a 2 metri e/o che comportino una somma di volumi di scavo e di riporto superiore a 3 mc per ogni metro lineare di opera da realizzare; nelle seguente classe rientrano anche le barriere paramassi in terra e/o materiali granulari (denominate anche "rieste"), berlinesi di micropali e pali in c.a. e le opere di ingegneria naturalistica fondate su basamenti in c.a. sottofondati con micropali e/o pali in c.a. o altre opere su versante ad esse assimilabili

**Fig.27: Matrice di fattibilità geologica, idraulica e sismica
relativa agli interventi previsti dal nuovo progetto di coltivazione della Cava 136**