



COMUNE DI MASSA
PROVINCIA DI MASSA-CARRARA

**PIANI DI BACINO DI INIZIATIVA
PUBBLICA DEI BACINI ESTRATTIVI
NEL COMUNE DI MASSA**

ELABORATO F

INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE

**(deposito al Genio Civile
ai sensi del regolamento 53/R)**

**6 - BACINO FONDONE CERIGNANO
(art. 113 L.R. 65/2014 e PIT - PPR)**

RELAZIONE TECNICO

ILLUSTRATIVA

GRUPPO DI LAVORO

Sindaco

Dott. Francesco Persiani

Responsabile Unico di Progetto (RUP)

Dott. Maurizio Tonarelli

Garante della comunicazione

Dott. Daniela Lori

STAFF TECNICO

- Prof. Paolo Conti, CGT (Coordinamento del Progetto)

SENIOR

- Prof. Geol. Eros Aiello, CGT (Geotecnica)
- Prof. Geol. Filippo Bonciani, CGT (Geomorfologia)
- Dott. ssa Marta Caterina Bottacchi, CGT (Archeologia industriale)
- Prof. Geol. Luigi Carmignani, CGT (Giacimentologia e Geologia Strutturale)
- Dott. Biol. Alessandra Fregosi, CGT (Ecologia)
- Prof. Geol. Enrico Guastaldi, CGT (Idrogeologia applicata e ambientale)
- Prof. Geol. Vinicio Lorenzoni, CGT (Giacimentologia e Coltivazioni minerarie)
- Dott. Geol. Sergio Mancini, CGT (Giacimentologia e Coltivazioni minerarie)
- Prof. ssa Etta Patacca, CGT (Stratigrafia e Paleogeografia)
- Prof. Geol. Altair Pirro, CGT (G.I.S. e Cartografia tematica)
- Dott. Arch. Antonio Rafanelli, CGT (Paesaggistica e Urbanistica)
- Prof. Geol. Andrea Rindinella, CGT (Topografia)
- Prof. Riccardo Salvini, CGT (Telerilevamento)
- Dott. Romeo Segoni, CGT (Pianificazione Territoriale)
- Dott. ssa Geol. Assunta Sfalanga, CGT (Geotecnica e Meccanica delle Rocce)
- Dott. Claudio Vanneschi, CGT (Geomeccanica)

JUNIOR

- Dott. Lorenzo Casaretti, CGT
- Dott. Alberto Corno, CGT
- Dott. Geol. Andrea Garattoni, CGT
- Dott. ssa Ing. Chiara Lanciano, CGT
- Dott. ssa Geol. Natalie Marsico, CGT
- Dott. ssa Serena Minucci, CGT
- Dott. ssa Geol. Luisa Vernacchia, CGT

Sommario

1. Premessa.....	5
2. Introduzione	6
3. Litologia e stratigrafia (Tavola QCB 6.1)	8
3.1. Varietà merceologiche (Tavola QCB 6.1)	11
3.2. Analisi petrografiche e mineralogiche	27
3.3. Ravaneti	34
4. Tettonica (Tavole QCB 6.1, 6.2, 6.3)	35
5. Geomorfologia (Tavola QCB 6.4)	41
6. Idrogeologia (Tavola QCB 6.5)	42
6.1. Vulnerabilità degli acquiferi	43
7. Pericolosità (Tavole QCB 6.9 e QCB 6.10)	45
7.1. Definizione e riferimenti normativi	45
7.2. Disciplina della pericolosità geologica, idraulica e delle problematiche idrogeologiche ...	46
7.3. Pericolosità geologica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI	46
7.4. Aree con problematiche idrogeologiche.....	48
7.5. Pericolosità idraulica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI Autorità di Bacino Toscana Nord	48
7.6. Pericolosità sismica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI Autorità di Bacino Toscana Nord	49
7.7. Descrizione dei livelli di pericolosità e delle rispettive aree determinate dalle particolari situazioni all' interno dei Bacini estrattivi	50

SCHEDA 6 – BACINO FONDONE CERIGNANO (PIT – PPR)



Figura 1 – Cava Filone Fondone

1. PREMESSA

Il presente elaborato (Elaborato E) insieme alle Tavole:

QCB 6.1 – CARTA GEOLOGICO STRUTTURALE E MERCEOLOGICA

QCB 6.2 – SEZIONI GEOLOGICHE

QCB 6.3 – MODELLO 3D

QCB 6.4 – CARTA GEOMORFOLOGICA

QCB 6.5 – CARTA IDROGEOLOGICA

QCB 6.8 – CARTA DELLE INFRASTRUTTURE O DEI SERVIZI

QCB 6.9 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDRAULICA E LORO VERIFICA

QCB 6.10 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

descrive il Quadro Conoscitivo alla scala del singolo bacino, in riferimento agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici (“Prima invariante strutturale del PIT – PPR”) e della pericolosità.



Figura 2 – Interno cava Sottovettolina.

2. INTRODUZIONE

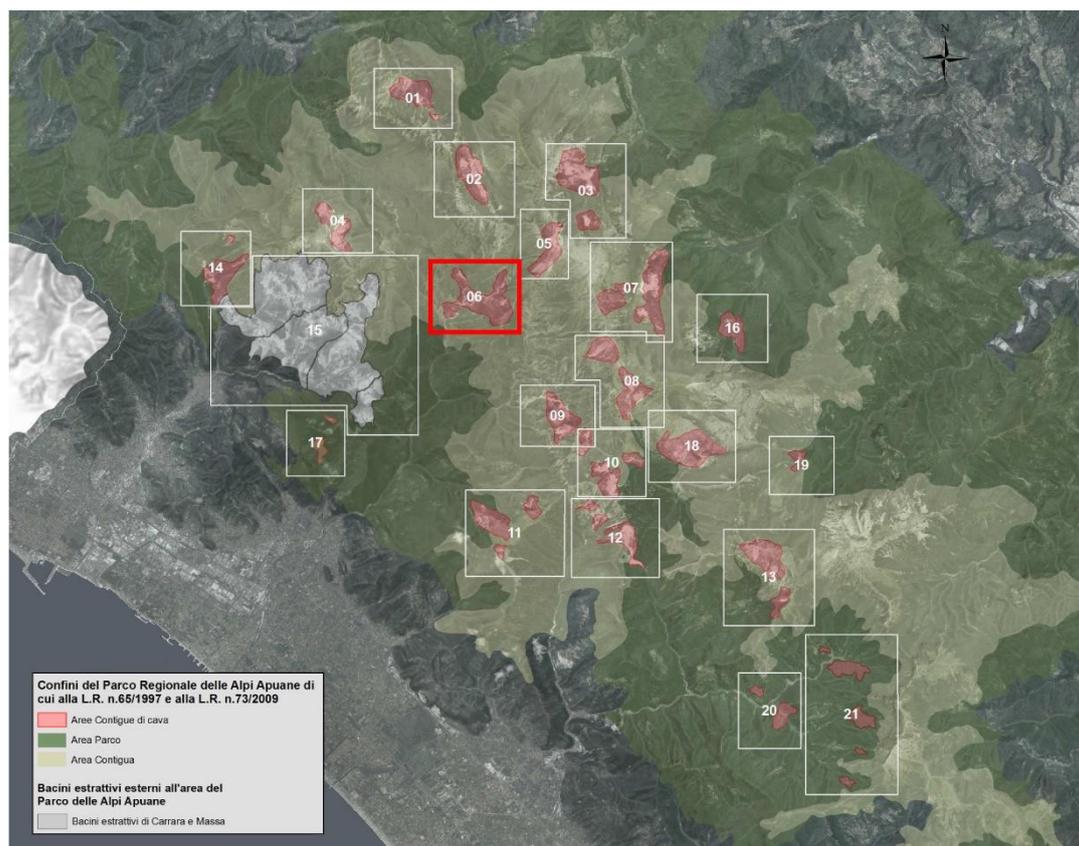


Figura 3 - Quadro d'unione Schede di Bacino delle Alpi Apuane. Riquadro rosso: Scheda 6 – Bacino Fondone Cerignano

La Scheda PIT n. 6 - Bacino Fondone Cerignano (Figura 3) è ubicata nell'entroterra del Comune di Massa nella Provincia di Massa Carrara tra una quota minima di circa 250 metri e una quota massima di circa 1150 m.

La Scheda comprende un unico Bacino (Bacino Fondone Cerignano) e comprende 18 cave di cui 4 attive, 3 da riattivare e 11 dismesse.

Cave attive:

- Cava Romana (in sotterraneo),
- Cava Filone Fondone (a cielo aperto e in sotterraneo; Figura 1),
- Cava Sottovettolina (in sotterraneo; Figura 2),
- Cava Borre Mucchetto (Figura 4)

Cave da riattivare:

- Cava Carpano di Sotto
- Cava Mucchetto
- Cava Puntello Bore

Cave dismesse:

- Cava La Dolfà,
- Cava Cerignano,
- Cava Bora,
- Cava La Rava,
- Cava Fondo (Sotto) Scale,
- Cava Mandriola,

- Cava Mandriola (Fontana Guerra),
- Cima della Croce,
- Cava al Ficale (Ficaro), cava antica (epoca di escavazione 1840-1845)
- Cave degli Alberghi, cava antica (prime notizie di escavazione: 1863)
- Cave di Grigola, cava antica (prime notizie di escavazione: 1863)

Per le cave attive sono state compilate delle schede che descrivono tutti gli aspetti delle singole cave. Di seguito daremo una descrizione dell'area della Scheda PIT facendo riferimento alle singole cave quando ritenuto utile.

Come indicato dalla Scheda 11 dell'Allegato 5 del PIT, Il Bacino Fondone Cerignano è interessato da numerosi siti estrattivi, anche di materiale non ornamentale, con la produzione di vaste aree di discarica (ravaneti) che hanno spesso interessato l'alveo di numerosi corsi d'acqua. L'attività estrattiva e la connessa viabilità di cava dell'alto versante del Monte Castagnolo/Cima della Croce hanno alterato profondamente il paesaggio locale e hanno compromesso in parte le componenti naturalistiche dell'area. Per superare questi elementi di criticità l'obiettivo del PIT è di tutelare l'elevato valore paesaggistico e naturalistico dell'area del Monte Castagnolo – Cima della Croce e Foce Vettolina (parte di un Sito Natura 2000), vista anche la presenza di numerose cavità carsiche e di storici alpeggi di alta quota, con misure atte a migliorare la compatibilità paesaggistica della attività di coltivazione delle cave. Altro obiettivo di qualità proposto dal PIT è la riqualificazione delle discariche di cava, che costituiscono elementi di degrado paesaggistico, e degli ecosistemi dei torrenti montani interessati dalla presenza in alveo di detriti di cava.



Figura 4 – Ingresso cava in sotterraneo Borre Mucchetto.

3. LITOLOGIA E STRATIGRAFIA (TAVOLA QCB 6.1)

Dal punto di vista stratigrafico nell'area del Bacino Fondone Cerignano affiorano soprattutto le formazioni appartenenti alla successione della copertura sedimentaria mesozoica del Complesso Metamorfico Apuano, a partire dalle dolomie della Formazione dei Grezzoni che testimoniano lo sviluppo di una piattaforma carbonatica tardo-triassica. Verso l'alto seguono Marmi Dolomitici, Marmi a Megalodontidi e Marmi s.s. In generale si tratta di marmi più o meno dolomitizzati, dolomie cristalline, marmi e metabrecce monogeniche, riferibili all'Hettangiano, che rappresentano la piattaforma carbonatica giurassica, i metacalcari con selci della formazione dei Metacalcari Selciferi del Lias medio-superiore, la formazione delle Metaradiolariti, riferibili al Malm, che rappresenta la fase di maggiore approfondimento del bacino oceanico e i calcari con liste e noduli di selce della formazione del Calcarea Selcifero ad Entrochi (Titoniano sup. - Cretaceo inf.). Il basamento paleozoico, in particolare la formazione dei Porfiroidi e Scisti Porfirici, affiora solo nel quadrante nord-occidentale dell'area in esame, al di fuori del perimetro del Bacino.

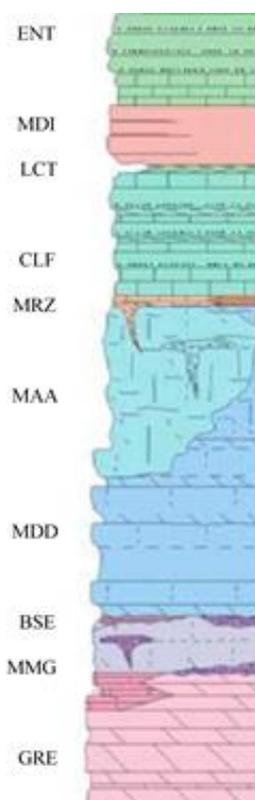


Figura 5 – Colonna stratigrafica con ricostruzione dei rapporti stratigrafici originali della porzione di copertura mesozoica del Complesso Metamorfico Apuano affiorante nel Bacino Fondone Cerignano. Le sigle sono le stesse riportate sulla Tavola QCB 6.1: GRE – Grezzoni, MMG – Marmi a Megalodontidi, BSE – Breccie di Seravezza, MDD – Marmi Dolomitici, MAA – Marmi, MRZ – Marmo Zebrino, CLF – Metacalcari selciferi, LTC – Calcescisti, MDI – Metaradiolariti, ENT – Calcarea Selcifero ad Entrochi.

Il seguente schema riporta sigle, nomi e brevi descrizioni delle formazioni affioranti all'interno del perimetro del Bacino in esame:

Tabella 1 – Formazioni geologiche Bacino Fondone Cerignano

Sigla Formazione	Nome Formazione	Descrizione Formazione
MDI	Metaradiolariti	Metaradiolariti rosse, violacee, verdastre e raramente grigie, sottilmente stratificate, con interstrati di filladi quarzitiche. Malm.
CLF	Metacalcari Selciferi	Metacalcilutiti grigio scure, con liste e noduli di selci e rari livelli di metacalcareniti, in strati di potenza variabile, spesso alternati con strati più sottili di calcescisti e filladi carbonatiche grigio scure con tracce di pirite e ammoniti piritizzate. Lias medio-sup.
MAA	Marmi	Marmi bianchi, grigi, color avorio e giallo con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche, dolomie e marmi dolomitici. Breccie monogeniche metamorfiche a elementi marmorei da centimetrici a metrici. Lias inf.
MDD	Marmi Dolomitici	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.
BSE	Breccie di Seravezza	Breccie poligeniche metamorfiche a elementi marmorei e subordinatamente dolomitici,

		con matrice filladica a cloritoide di colore rossastro o verdastro. Retico (-Lias inf.?).
MMG	Marmi a Megalodontidi	Marmi saccaroidi, massicci o grossolanamente stratificati, con scarsa muscovite e clorite lungo i giunti di strato. Frequenti molluschi, brachiopodi e lumachelle a megalodonti. Retico.
GRE	Grezzoni	Dolomie e dolomie ricristallizzate grigio-scure, con limitate modificazioni tessiturali metamorfiche. La parte inferiore è generalmente costituita da breccie a elementi dolomitici, la parte intermedia da dolomie grigio chiare e grigio scure stratificate, la parte alta da dolomie a patina d'alterazione giallastra con tracce di filladi lungo i giunti di strato. Norico.

Per una trattazione più dettagliata di tutte le formazioni affioranti in quest'area si rimanda al Capitolo 4 dell'Elaborato D.

3.1. Varietà merceologiche (Tavola QCB 6.1)

Nel Bacino Fondone Cerignano sono state individuate le seguenti varietà merceologiche dei marmi:
MARMO ORDINARIO: marmo a grana media, di colore da bianco perlaceo a grigio chiaro in genere piuttosto uniforme o variamente punteggiato da macchie grigie di dimensioni centimetriche dai limiti sfumati, dovute a presenza di pirite microcristallina.

MARMO BIANCO: marmi a grana fine o media, estremamente omogenei e di colore dal bianco puro al bianco perlaceo. Risultano privi di qualsiasi ornamentazione e solo localmente presentano macchie scure isorientate o piccole vene di calcite.

MARMO VENATO: marmi a grana media, di colore da bianco a bianco perlaceo, con venature più scure da molto irregolari ad anastomizzate e di spessore in media da millimetriche a centimetriche.

MARMO GRIGIO: marmi a grana fine o media, di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene da grigio scuro a bianche.

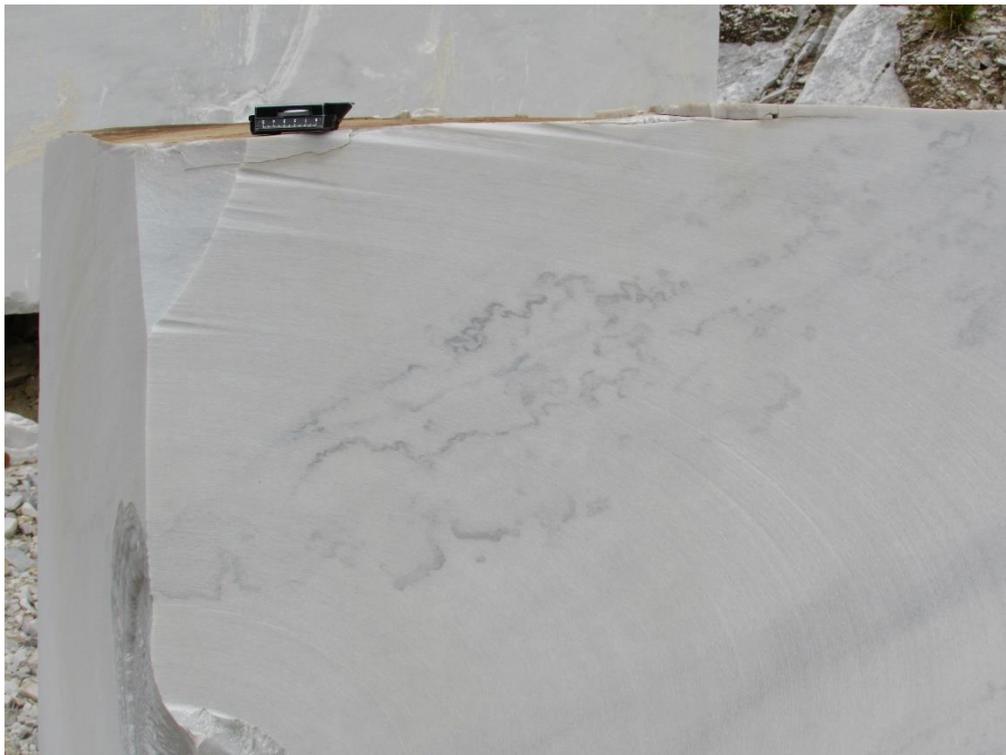


Figura 6 – Blocco di marmo venato estratto nella Cava Romana.

La Figura 7 mostra uno stralcio della carta delle pietre ornamentali nell'area della cava Filone - Fondone pubblicata nell'ambito del "Progetto Marmi" (AA.VV., 2007).

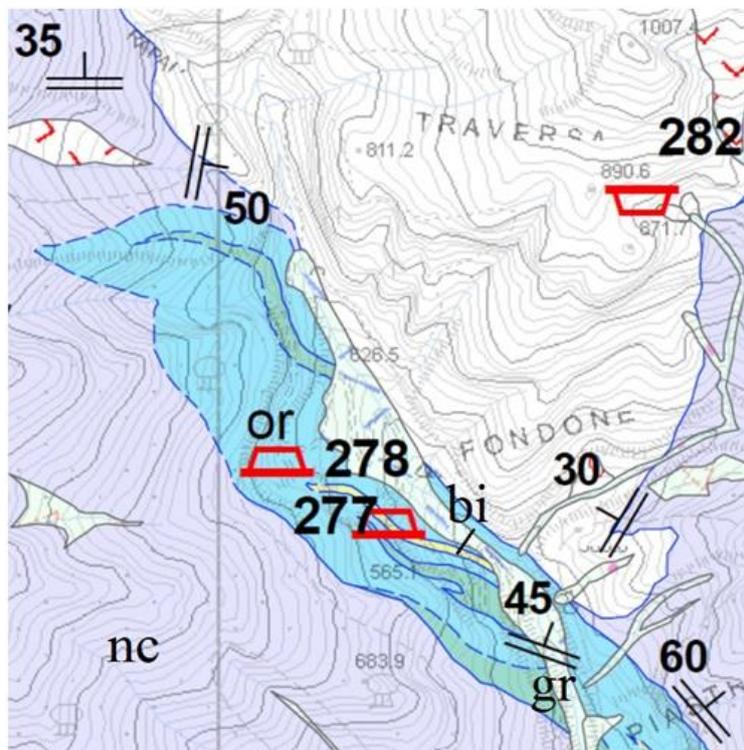


Figura 7 - Carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Filone - Fondone (n 277). Sigle delle varietà di marmo presenti: gr: marmo grigio; or: marmo ordinario; bi: marmo bianco; nc: marmo non classificato/non coltivato (da "Progetto Marmi", AA.VV., 2007).

Le varietà di marmo estratte nella cava Filone Fondone appartengono ai gruppi dei marmi venati e marmi grigi, e vengono commercializzate rispettivamente come "Bianco Grecato" e "Bardiglio". Il primo tipo in percentuale volumetrica nettamente predominante rispetto al secondo (marmi venati 90%; marmi grigi 10%).

La varietà commerciale Bianco Grecato (Figura 8), appartenente al gruppo dei marmi venati (Venato C e C/D), è un marmo a grana fine piuttosto omogenea di colore dal bianco puro al bianco perlaceo, con venature grigio-scuro/nero e bianco avorio ("greca") di dimensione da millimetrica a centimetrica. Localmente sono presenti macchie grigie di forma più o meno regolare, orientate come la "greca" che marciano la scistosità principale che caratterizza la cava.



Figura 8 - Affioramento di marmo Bianco Grecato sul fronte orientale della cava Filone-Fondone.

La seconda varietà estratta nella cava in oggetto fa parte del gruppo dei marmi grigi, ed in particolare dei marmi tipo Bardiglio (Figura 9). Questa tipologia di marmo presenta una grana da media a fine, di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversato da vene da grigio scuro a beige fino ad arrivare a bianco avorio. Le venature risultano orientate secondo la scistosità principale che caratterizza l'area di interesse. Il colore scuro più o meno uniforme è dato da pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso.



Figura 9 - Affioramento di marmo "Bardiglio" sul fronte nord della cava Filone - Fondone.



Figura 10 - Panoramica Cava Romana (cantiere Rava) dalla cava Cerignano.



Figura 11 – Fronte di coltivazione esterno Cava Romana.

La Figura 12 mostra uno stralcio della carta delle pietre ornamentali nell'area di Cava Romana pubblicata nell'ambito del "Progetto Marmi" (AA.VV., 2007).

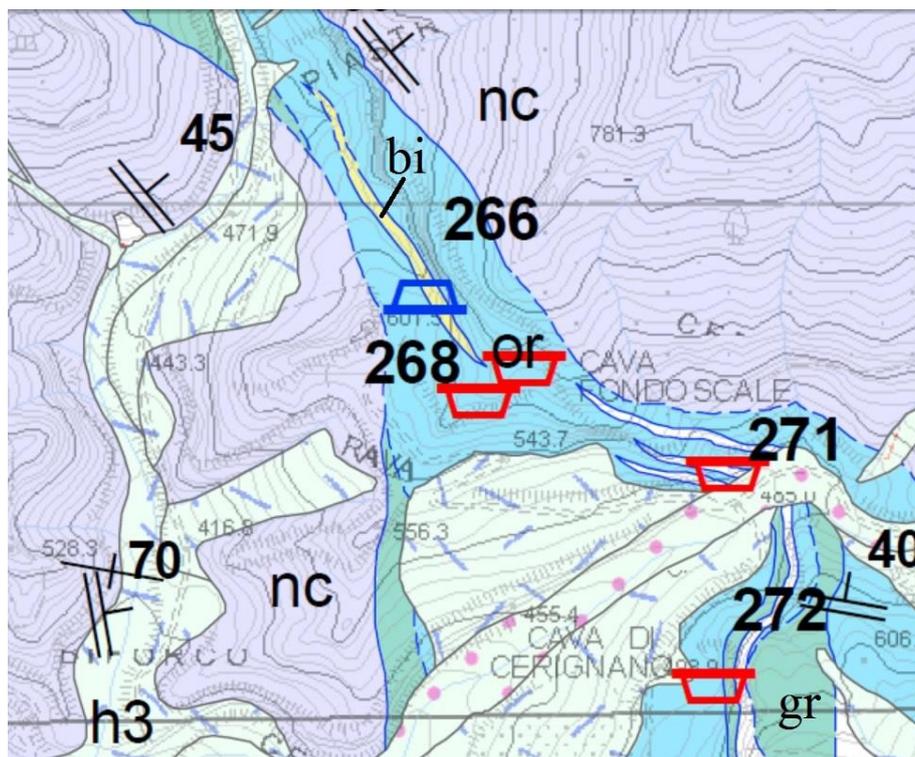


Figura 12 - Carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Romana (n 266). Sigle delle varietà di marmo: gr: marmo grigio; or: marmo ordinario; bi: marmo bianco; nc: marmo non classificato/non coltivato (da "Progetto Marmi", AA.VV., 2007).

Le varietà estratte nella cava Romana appartengono ai gruppi dei marmi bianchi e marmi venati, e vengono commercializzate come "Venato Cava Romana" e "Bianco Cava Romana" (Tabella 2). Il primo tipo in percentuale volumetrica maggiore rispetto al secondo (marmi venati 70%; marmi grigi 30%).

La varietà "Venato Cava Romana" (Venato C e Venato C/D) (Figura 13) è rappresentato da un marmo a grana media, di colore da bianco a bianco perlaceo, con venature più scure, da molto regolari ad anastomizzate e di spessore in media da millimetriche a centimetriche. Non sono rare macchie grigie di forma irregolare talvolta caratterizzate da una certa isorientazione. Questa varietà è caratterizzata da un'ampia gamma di ornamentazioni determinata dalla diversa orientazione, frequenza e spessore delle vene e delle macchie grigio scuro.

La varietà "Bianco Cava Romana" (Figura 15) è costituita da un marmo a grana media, di colore da bianco perlaceo a grigio chiaro in genere piuttosto uniforme o variamente punteggiato da macchie grigie di dimensioni centimetriche dai limiti sfumati, dovute a presenza di pirite microcristallina. Raramente si osservano irregolari trame di vene di colore grigio chiaro o scuro.

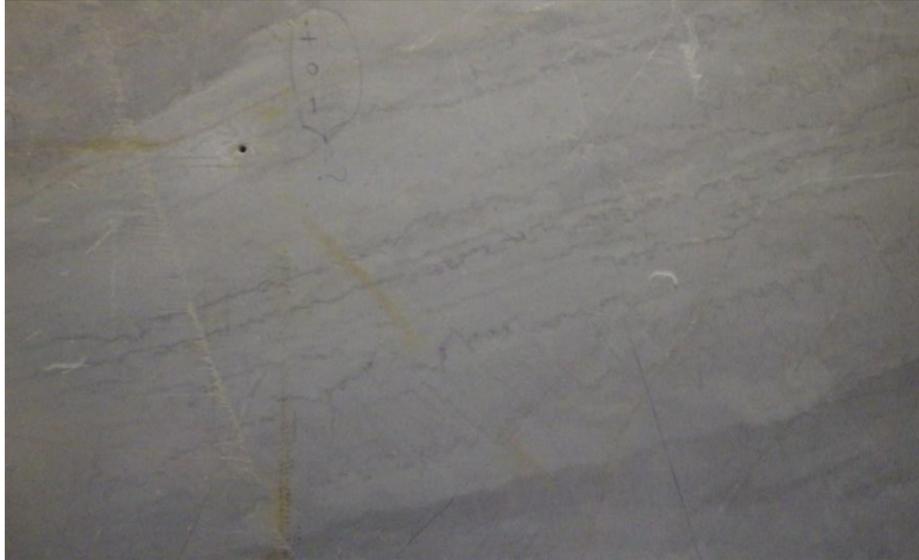


Figura 13 - Fronte di coltivazione in marmo "Venato Cava Romana".



Figura 14 – Interno Cava Romana.



Figura 15 - Fronte di coltivazione in marmo "Bianco Cava Romana".

Le varietà estratte nella cava Sottovettolina appartengono ai gruppi dei marmi brecciati e dei marmi grigi, e vengono commercializzate come “Calacatta Luccicoso”/“Zebrino”, "Bardiglio Forno tipo Imperiale" e " Bardiglio Forno tipo Cappella" e “Arabescato Forno” (Tabella 2).



Figura 16 - Panoramica dell'ingresso della Cava Sottovettolina.

La Figura 17 mostra uno stralcio della carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Sottovettolina pubblicata nell'ambito del "Progetto Marmi" (AA.VV., 2007).

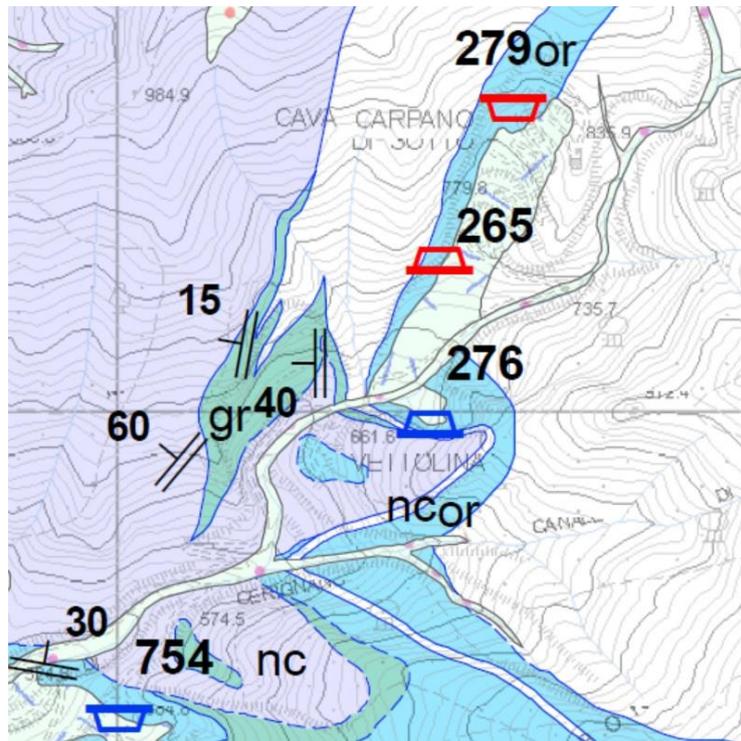


Figura 17 - Carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Sottovettolina (n 276). Sigle delle varietà di marmo: gr: marmo grigio; or: marmo ordinario, nc: marmo non classificato/non coltivato (da "Progetto Marmi", AA.VV., 2007).

L'"Arabescato Forno" è costituito da metabrecce clasto-sostenute ad elementi eterometrici di marmo in matrice di colore di grigio scuro (Figura 18). I clasti sono tipicamente di colore da grigio chiaro a bianco con indistinte venature di colore bruno con sviluppo lineare sub-parallelo. La taglia e la disposizione delle venature e il loro rapporto con la matrice circostante determinano un'ampia gamma di aspetti e ornamentazioni, in particolare risulta evidente il generale appiattimento e allungamento dei clasti sulla foliazione metamorfica principale.



Figura 18 - Affioramento di marmo "Arabescato tipo Forno".

La varietà "Calacatta Luccicoso" è costituita da un marmo brecciato a clasti eterometrici di dimensioni da centimetriche a pluri-decimetriche in una matrice di colore da giallo-ocra a grigio-verde con minerali opachi e pirite di dimensione da sub-millimetriche a centimetriche. I clasti sono generalmente di colore da bianco a bianco avorio, talora con deboli venature bianco-aranciate. Nei cataloghi commerciali questo tipo di marmo viene classificato con il nome "Calacatta Luccicoso", quando viene tagliato al "contro" (Figura 19), e "Zebrino" quando viene tagliato parallelo, o con bassi angoli rispetto al verso di macchia.



Figura 19 - Affioramento di marmo "Calacatta Luccicoso".

Le varietà "Bardiglio Forno tipo Imperiale" e "Bardiglio Forno tipo Cappella" fanno parte del gruppo dei marmi grigi. Questi risultano marmi a grana da media a fine, di colore da grigio chiaro a grigio scuro attraversati da vene da grigio scuro a bianche. L'ornamentazione risulta estremamente variabile pur rimanendo all'interno di un tipo generale. Si può infatti passare da litotipi con aspetto eterogeneo e variegato, marcato da un'alternanza più o meno regolare di venature bianche (Bardiglio Forno tipo Cappella), a materiali molto omogenei con colori che vanno dal grigio-bluastro al grigio scuro con sottili venature nere (Bardiglio Forno tipo Imperiale). Il colore scuro più o meno uniforme dell'insieme è dato dalla presenza di pirite microcristallina e/o pigmento carbonioso (Figura 20).



Figura 20 - Contatto stratigrafico tra "Calacatta Luccicoso/Marmo Zebrino" e "Bardiglio Forno tipo Imperiale" (quest'ultimo sul lato destro della fotografia) affiorante sul piazzale esterno della cava.

La Figura 21 mostra uno stralcio della carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Borre - Mucchietto pubblicata nell'ambito del "Progetto Marmi" (AA.VV., 2007).

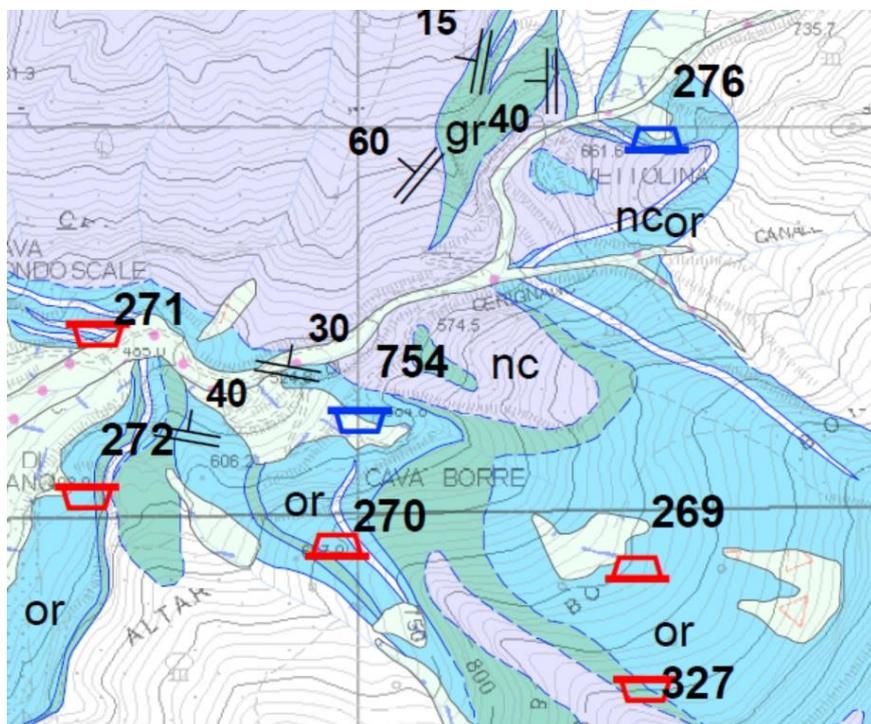


Figura 21 - Carta delle pietre ornamentali nell'area di cava Borre-Mucchietto (n. 754). Sigle delle varietà di marmo: gr: marmo grigio; or: marmo ordinario; nc: marmo non classificato/non coltivato (da "Progetto Marmi", AA.VV., 2007).

La varietà estratta nella cava Borre Mucchietto appartiene al gruppo dei marmi brecciati e viene commercializzata come "Calacatta" (Tabella 2).



Figura 22 - Blocco semi-squadrato di "Calacatta".

La varietà "Calacatta" coltivata nella cava Borre Mucchietto è costituita da un marmo brecciato a clasti eterometrici di dimensioni da centimetriche a pluri-decimetriche in una matrice di colore da giallo-ocra a grigio-verde (Figura 22) contenente minerali opachi e piriti di dimensione da sub-millimetriche a centimetriche. I clasti sono generalmente di colore da bianco a bianco avorio, talora con deboli venature bianco-arancio. Localmente si rinvencono livelli centimetrici di dolomie di colore dal bianco avorio al giallo ocra (Figura 23). Questa varietà di marmo è caratterizzata da un forte allungamento dei clasti delle metabrecce evidente nei tagli ortogonali alla direzione del "verso di macchia" (scistosità principale) simulando l'ornamentazione di un marmo Venato e/o marmo Zebrino.



Figura 23 - Livelli centimetrici di dolomie giallastre.

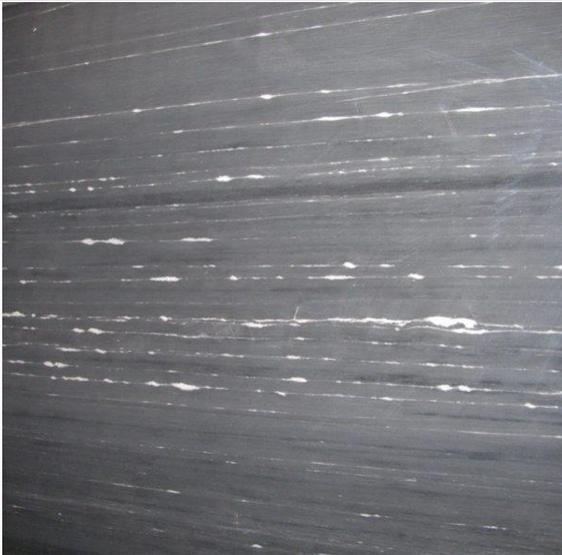
L'aspetto brecciato della varietà Calacatta risulta evidente solo in tagli cosiddetti al "contro" o in tagli a basso angolo rispetto al "verso di macchia" (Figura 24).



Figura 24 - Differenti aspetti di ornamentazione su tre facce di un blocco di "Calacatta" dovuto all'elevata deformazione dei clasti marmorei.

Tabella 2 – Tabella riassuntiva di tutte le varietà merceologiche estratte nel Bacino Fondone Cerignano

Tipo di Marmo	Varietà merceologica	Nome Commerciale	Foto
Marmi Venati	Venato	Bianco Grecato	
		Venato Cava Romana	

Marmi Grigi	Bardiglio	Bardiglio	
		Bardiglio Forno tipo Imperiale	
		Bardiglio Forno tipo Cappella	

Marmi Bianchi	Bianco	Bianco Cava Romana	
Marmi Brecciati	Arabescato	Arabescato Forno	
	Calacatta	Calacatta Luccicoso	

		Zebrino	
	Calacatta	"Calacatta"	

3.2. **Analisi petrografiche e mineralogiche**

Dal punto di vista microscopico il Marmo Bianco Grecato estratto nella cava Filone Fondone presenta una foliazione marcata da livelli granoblastici di calcite, i quali, localmente, mostrano una lieve orientazione preferenziale di forma. Quest'ultimi hanno una dimensione dei cristalli compresa tra 50-70 μm e 100 μm , ed i margini sono generalmente di tipo rettilineo, tipici della tessitura pavimentosa (Figura 25).

La roccia è interessata da una dolomitizzazione post-metamorfica che si imposta su probabili livelli originari a maggiore composizione dolomitica. Questi settori maggiormente dolomitizzati giacciono sulla scistosità principale, creando delle strutture geometriche conosciute come "greca" (Figura 26).

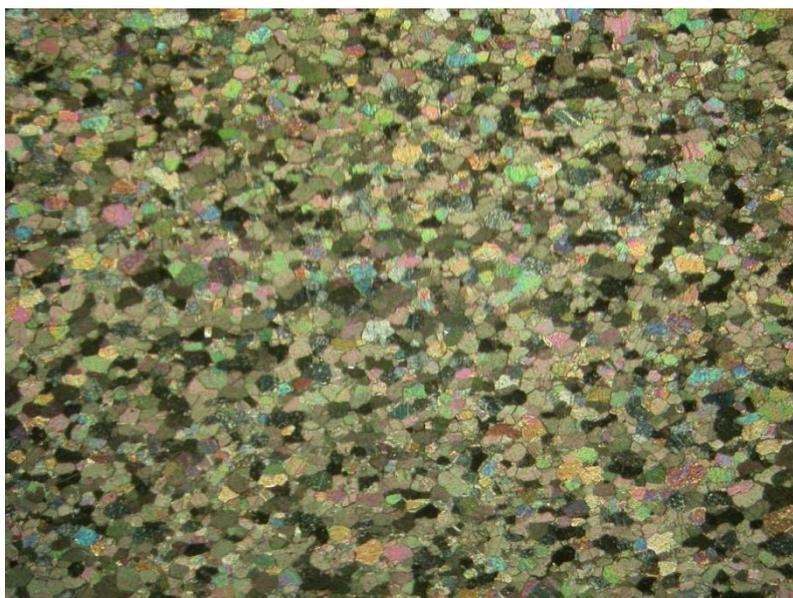


Figura 25 - Marmo Bianco Grecato in sezione sottile a Nicol incrociati (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1mm nella sezione sottile). Dall'immagine si nota una dimensione dei cristalli molto piccola e omogenea con tessitura pavimentosa.

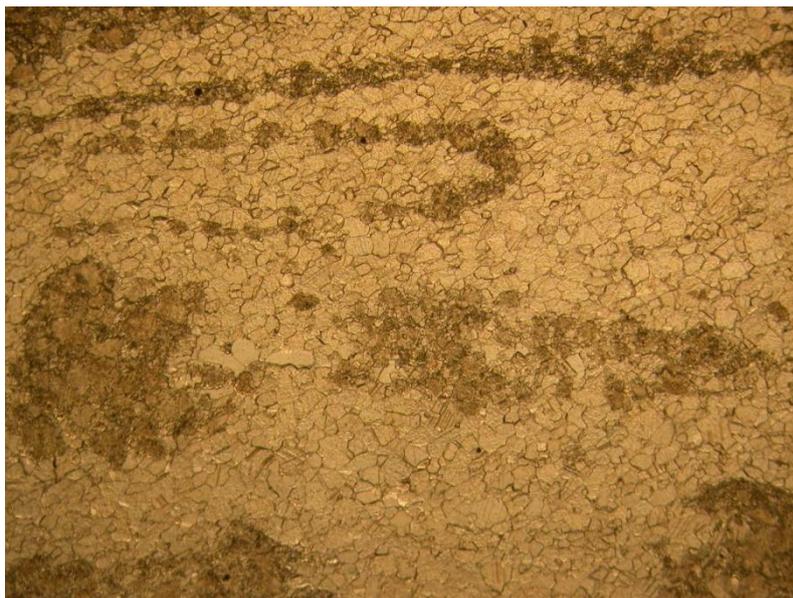


Figura 26 - Strutture geometriche assimilabili a pieghe isoclinali che costituiscono la "greca" che caratterizzano la tipologia marmo detto Bianco Grecato. Dall'immagine si nota anche un'intensa dolomitizzazione post-metamorfica che si imposta su probabili livelli originari a maggiore composizione dolomitica. Foto a Nicol paralleli.

Il Bardiglio della cava Filone Fondone si presenta con una foliazione marcata da livelli granoblastici di calcite, i quali hanno un'orientazione preferenziale di forma. Questi presentano una dimensione dei cristalli compresa tra 50-70 μm e solo raramente possono raggiungere i 100 μm (Figura 27).

Oltre ai cristalli di Calcite, che rappresentano il principale costituente della roccia, sono presenti cristalli di Albite, con dimensione dei cristalli superiori a 100 μm e rara Mica Bianca.

La roccia è interessata da una dolomitizzazione post-metamorfica che si imposta su probabili livelli originari a maggiore composizione dolomitica (Figura 28). Questi settori maggiormente dolomitizzati giacciono sulla scistosità principale creando delle strutture geometriche assimilabili a pieghe isoclinali.

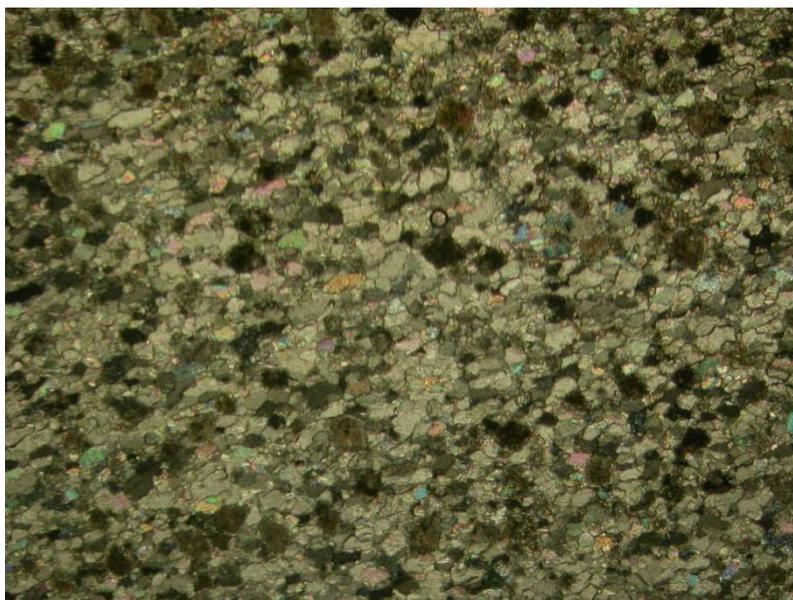


Figura 27 - Marmo Bardiglio in sezione sottile visto a Nicol incrociati (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile). Dall'immagine si nota una dimensione dei cristalli molto piccola ed omogenea.

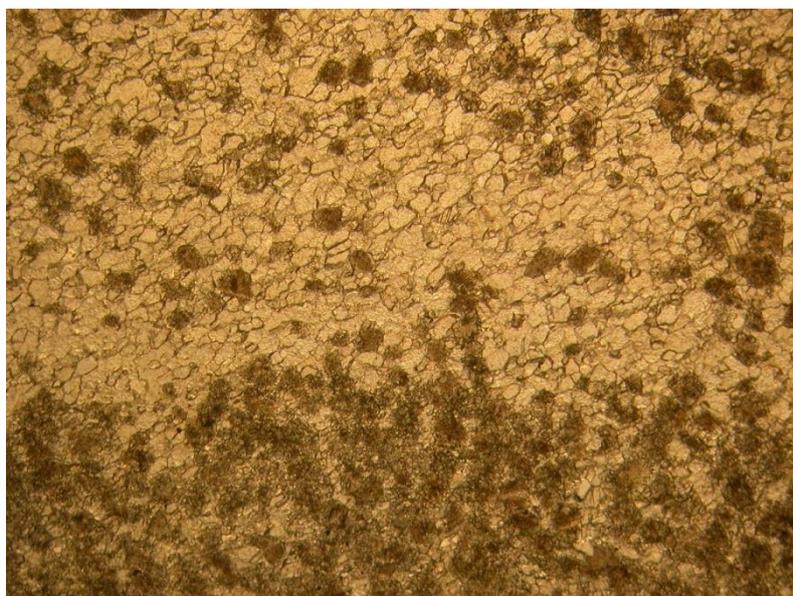


Figura 28 - Intensa dolomitizzazione post-metamorfica che si imposta su probabili livelli originari a maggiore composizione dolomitica. Foto a Nicol paralleli (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile).

Dal punto di vista microscopico la varietà Arabescato Forno estratta nella cava Sottovettolina, si presenta con una foliazione pervasiva marcata da livelli granoblastici di Calcite, i quali hanno un orientazione preferenziale di forma e presentano una dimensione dei cristalli distribuita in due valori ben distinti (Figura 29 e Figura 30): uno compreso tra i 100 μm e 300 μm , e l'altro compreso tra 50 μm e 100 μm .

Sulla foliazione principale sono sporadicamente presenti cristalli di Albite e raramente Mica Bianca.

La roccia è interessata da una dolomitizzazione diffusa, post-metamorfica, che si imposta sulla scistosità principale (Figura 30), ed è responsabile, insieme all'alterazione dei livelli di ossidi opachi, della colorazione giallo avorio che localmente caratterizza questa varietà.

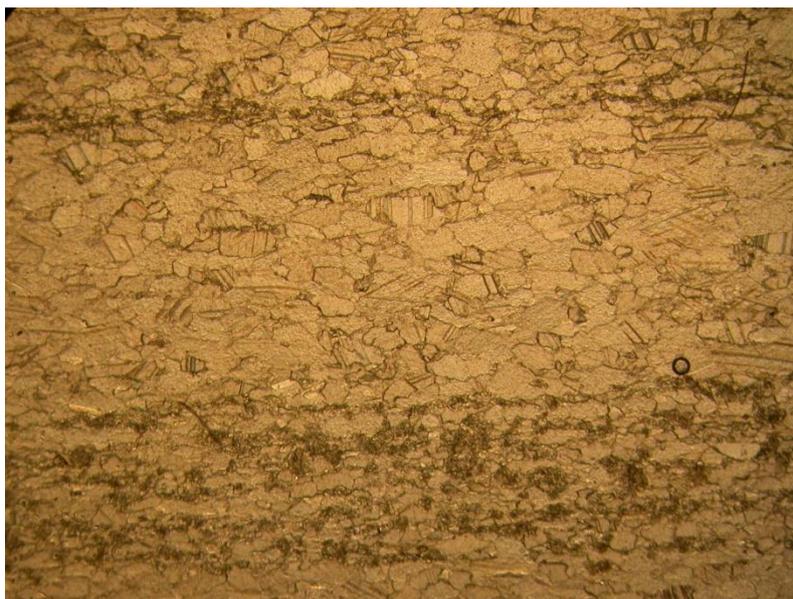


Figura 29 - "Arabescato tipo Forno" in sezione sottile a Nicol paralleli (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile). Dalla foto si nota una distribuzione bimodale della dimensione dei cristalli di Calcite, ed il processo di dolomitizzazione secondario ben visibile nella parte inferiore dell'immagine.



Figura 30 - "Arabescato tipo Forno" in sezione sottile a Nicol incrociati (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile). Dalla foto si nota una distribuzione bimodale della dimensione dei cristalli di Calcite.

Dal punto di vista microscopico la varietà "Calacatta Luccicoso" estratto nella cava Sottovettolina, si presenta con una foliazione pervasiva marcata da sottili e discontinui livelli lepidoblastici di Mica Bianca e Clorite e da livelli granoblastici di Calcite, i quali hanno un'orientazione preferenziale di forma. Quest'ultimi mostrano una dimensione dei cristalli distribuita in due settori ben distinti (Figura 31): uno compreso tra i 400 μm e 300 μm , e l'altro compreso tra 70 μm e 200 μm . Sulla foliazione principale sono sporadicamente presenti cristalli di Albite, che mostrano una crescita sin-cinematica con i cristalli di Calcite, e Ossidi Opachi (Ematite) (Figura 32). Localmente sono stati riconosciuti cristalli euedrali di Pirite (Figura 33), attorno ai quali si formano *strain shadows* (ombre di pressione) riempite da fibre di Calcite.

La roccia è interessata da una dolomitizzazione diffusa, post-metamorfica, che si imposta sulla scistosità principale (Figura 34), che risulta responsabile, insieme all'alterazione dei livelli di Ossidi Opachi, della colorazione caratteristica da giallo avorio a giallo ocra delle venature di questa varietà.

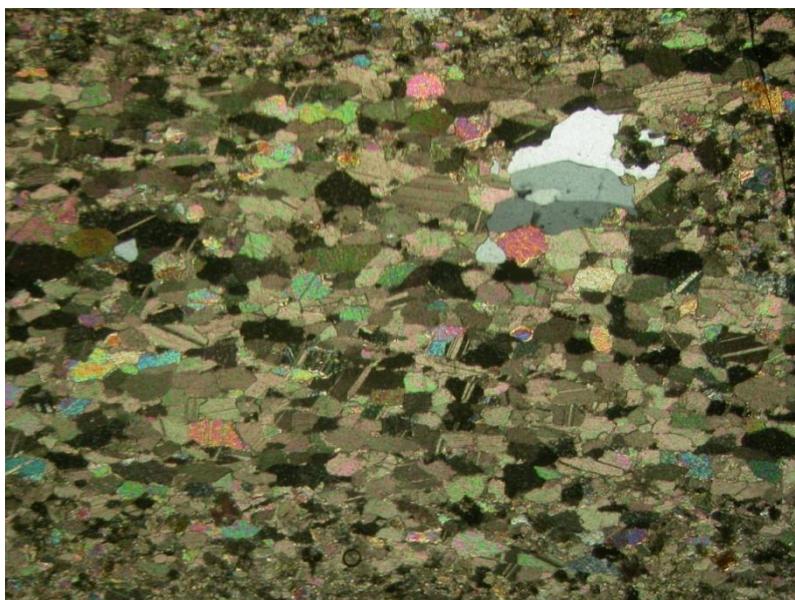


Figura 31 - "Calacatta Luccicoso" in sezione sottile a Nicol incrociati (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile). Dalla foto si nota una distribuzione bimodale della dimensione dei cristalli di Calcite.

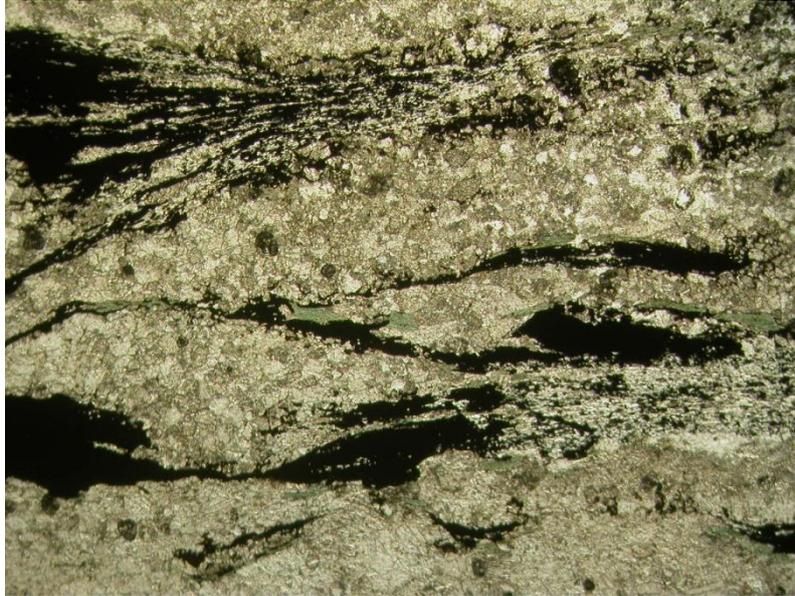


Figura 32 - Livelli di Ematite, Mica Bianca e Clorite che marcano la scistosità principale della varietà "Calacatta Luccicoso". Foto a Nicol paralleli (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile).

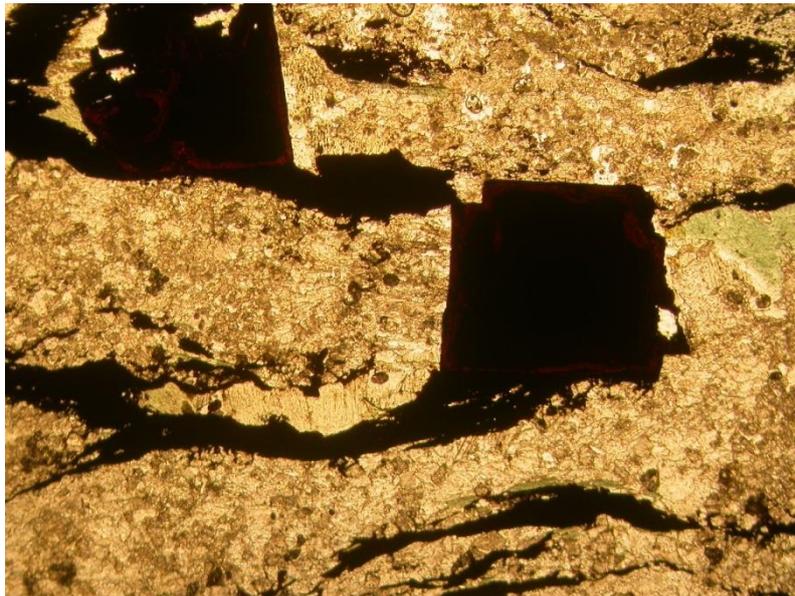


Figura 33 - Cristalli di Pirite all'interno della varietà "Calacatta Luccicoso". Foto a Nicol paralleli (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile).

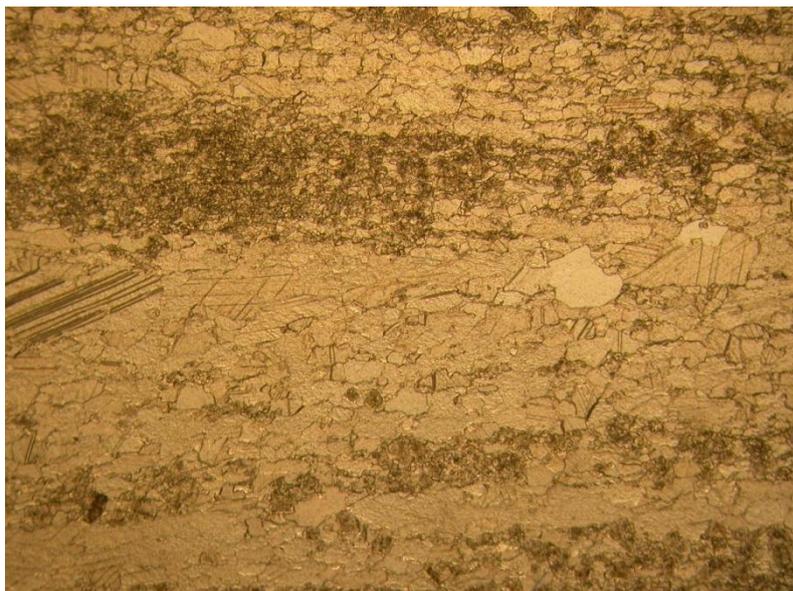


Figura 34 - Dolomitizzazione secondaria impostata sulla scistosità principale della roccia, che insieme ad Ematite e agli ossidi opachi, è responsabile del colore giallo ocra di questa varietà di marmo. Foto a Nicol paralleli (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile).

La varietà di marmo grigio denominata “Bardiglio Forno Imperiale” estratto nella cava Sottovettolina, si presenta con una tessitura granoblastica piuttosto omogenea (Figura 35) scarsamente orientata, con dimensione dei cristalli compresa tra 70-100 μm e 300 μm e rari cristalli di dimensione superiore ai 400 μm .

Oltre alla Calcite, che costituisce la fase principale della roccia, è presente rara Albite e sottili livelli di Ossidi Opachi che sembrano marcare la scistosità principale (Figura 36).



Figura 35 - "Bardiglio Forno tipo Imperiale" in sezione sottile a Nicol incrociati (la lunghezza della foto rappresenta la lunghezza di 1 mm nella sezione sottile). Dalla foto si nota una dimensione della grana dei cristalli di Calcite molto omogenea.



Figura 36 - Livello di ossidi opachi che sembrano marcare la scistosità principale della roccia. Foto a Nicol paralleli.

Il campione prelevato nella cava Borre Mucchietto e scelto per l'analisi microscopica della varietà Calacatta è caratterizzato da un'evidente foliazione, data dall'alternanza di livelli di colore differente. Anche in sezione sottile è osservabile questa alternanza, i livelli scuri sono livelli a granulometria minore (dimensione media dei granuli 20-30 μm) mentre i livelli più chiari sono costituiti da cristalli di calcite di grandi dimensioni, mediamente di dimensioni di circa 200 μm (Figura 37). Tutti i cristalli mostrano una spiccata orientazione preferenziale di forma, molto ben evidente soprattutto nelle zone a granulometria maggiore. La direzione di allungamento dei cristalli è obliqua rispetto all'andamento della foliazione, testimoniando che tale orientazione preferenziale si sviluppa a seguito di processi di ricristallizzazione sintettonica.



Figura 37 - Sezione sottile a nicol paralleli di un campione di marmo foliato della cava Borre Mucchietto.

3.3. Ravaneti

Nell'area del bacino estrattivo Fondone Cerignano i ravaneti rappresentano un elemento geomorfologico importante e costituiscono una delle maggiori cause di dissesto idrogeologico.

Visto il gran numero di cave attive e dismesse Bacino Fondone Cerignano, sono moltissimi i ravaneti cartografabili al suo interno, che sono stati perimetrati e classificati in base a granulometria, colore e stato di attività nella Tavola QCB 6.4.

A est della cava Filone Fondone è presente un ampio ravaneto orientato NO-SE, costituito prevalentemente da blocchi di marmo bianco, sede di discarica attiva. Dal punto di vista granulometrico il ravaneto è classificato come “pezzame” con dimensione dei clasti media, tra 30 cm e 1 m.

A sud-ovest della Cava Romana è presente un ravaneto attivo, composto da blocchi di marmo bianco, anch'esso a granulometria tipo pezzame, con clasti di dimensioni media tra 1 m e 30 cm.

A nord-ovest della cava Sottovettolina è presente un ampio ravaneto allungato in direzione NE-SW, composto prevalentemente da pezzame e sassi di marmo bianco.

A ovest delle cave Borre Mucchetto e Puntello Bore si sviluppano verso il Canale di Cerignano due ravaneti attivi, costituiti per la maggior parte da blocchi di marmo bianco, con pezzame di dimensioni variabili tra 1 m e 30 cm.



Figura 38 – Ravaneto nel Canale Fondone.

4. TETTONICA (TAVOLE QCB 6.1, 6.2, 6.3)

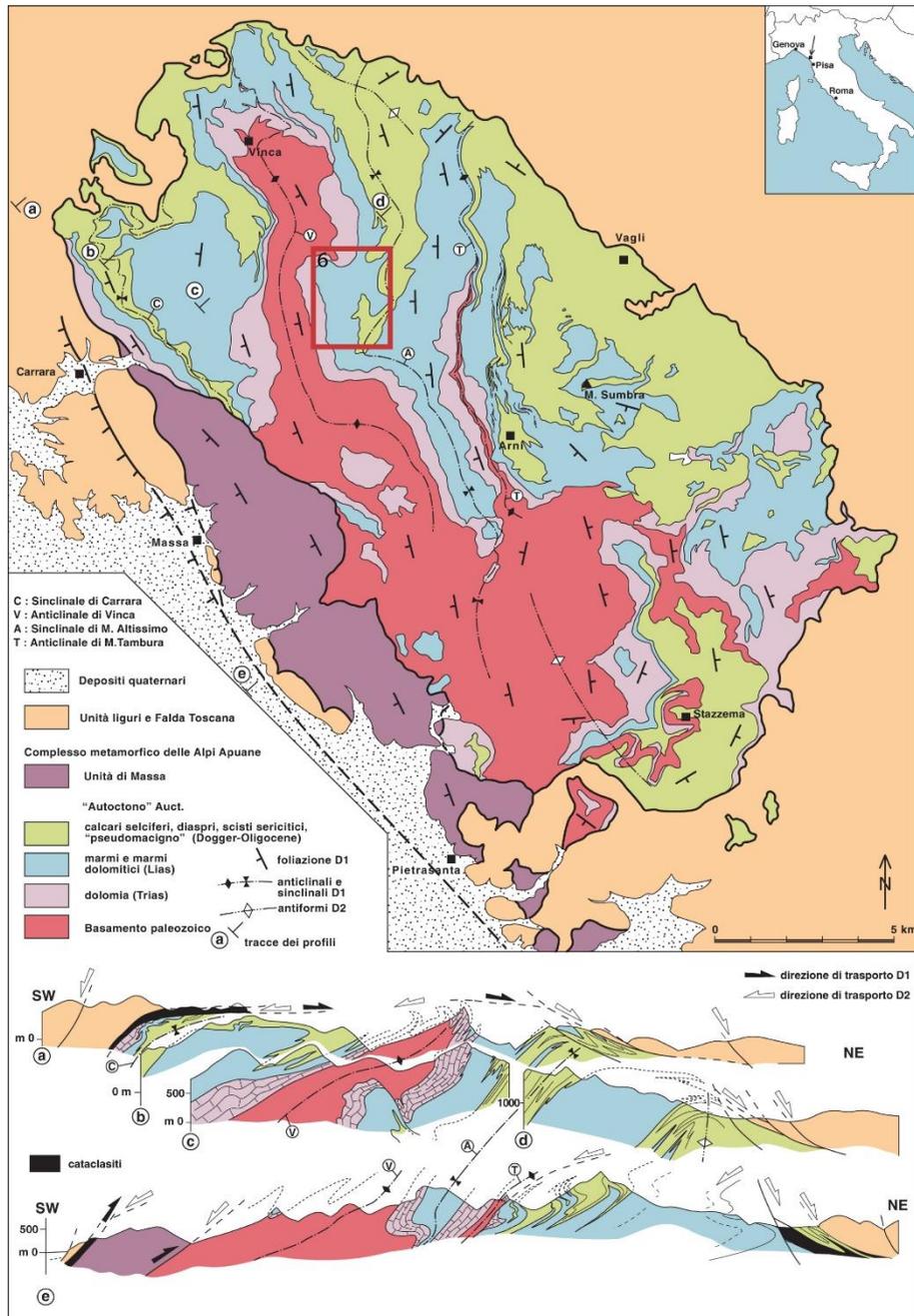


Figura 39 - Schema geologico-strutturale del Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane. L'area di studio è indicata nel riquadro rosso.

L'area è interessata dalla complessa struttura geologica, associata alla Fase D2, conosciuta come "Antiforme di Monte Rasori", struttura minore situata in corrispondenza del fianco rovesciato della struttura regionale denominata Sinclinale di Monte Altissimo. Quest'ultima rappresenta una struttura plicativa di primo ordine che si estende per circa 8 km nel settore centrale delle Alpi Apuane con andamento circa N/S e vergenza verso E-NE e avente a nucleo, nell'area intorno alla cava, le formazioni dei Metacalcari Selciferi e Metaradiolariti.

Le pieghe minori relative alla fase D1 sono pieghe isoclinali non cilindriche talora a guaina aventi assi con direzioni circa NE/SW e subparalleli alla lineazione di estensione marcate dal *boudinage* di selci, nella formazione dei Metacalcari Selciferi, e dolomie nelle formazioni dei Marmi s.s. e Marmi

Dolomitici. Queste pieghe hanno inoltre sviluppato una foliazione metamorfica di piano assiale molto penetrativa (S1) che presenta generalmente immersione verso W/SW ad elevata inclinazione. La foliazione principale (S1) ha direzione circa N/S e inclinazione tra 40° e 60° verso Ovest e verso Est, mentre le lineazioni di estensione misurate hanno direzioni comprese tra N015° e N035° e inclinazione intorno ai 40° verso SW.

Nell'area della cava Sottovettolina, nella porzione nord-orientale del Bacino, i marmi estratti costituiscono il nucleo di una stretta anticlinale minore associata alla fase D1 che interessa il fianco rovesciato della Sinclinale di Monte Altissimo. In entrambi i fianchi di questa struttura plicativa, a contatto con la formazione marmifera, sono rappresentati i Metacalcari Selciferi che affiorano sul lato sinistro dell'ingresso della cava. La scistosità di prima fase, nell'area intorno alla cava, presenta una direzione media circa N/S e immerge verso ovest con una inclinazione media intorno a 50°.

L'area del Bacino Fondone Cerignano è caratterizzata da affioramenti della formazione marmifera appartenenti al fianco rovesciato di raccordo fra l'Anticlinale di Vinca e la Sinclinale di Orto di Donna. In quest'area gli effetti della tettonica estensionale hanno prodotto deformazioni plicative molto peculiari caratterizzate da un andamento della superficie assiale circa verticale e asse medio immergente a basso angolo (25°) circa verso Nord (Sinforme e Antiforme di Monte Rasori, vedi Figura 40). Le sezioni geologiche utilizzate per la realizzazione della ricostruzione tridimensionale della risorsa marmifera dell'area sono state orientate parallelamente alla direzione media di immersione della scistosità principale e ortogonalmente alla direzione degli assi di seconda fase (Figura 40).

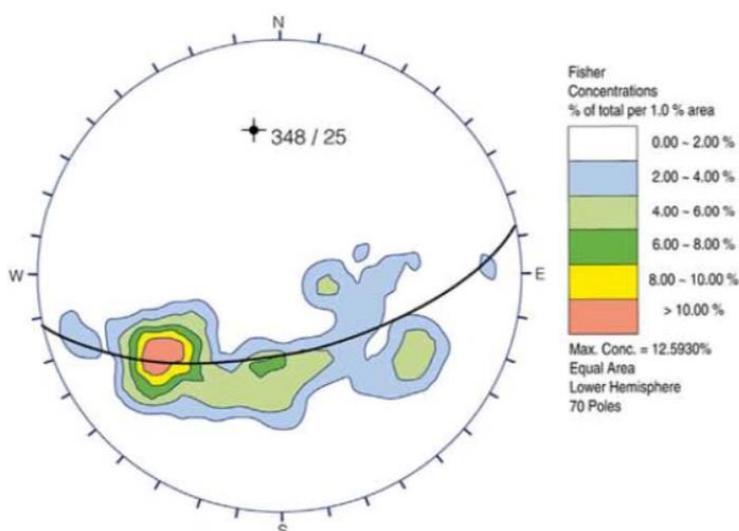


Figura 40 - Individuazione dell'asse medio A2 delle strutture plicative tardive Sinforme e Antiforme di Monte Rasori.

I rilievi geomeccanici realizzati in diverse cave del Bacino Fondone Cerignano evidenziano la presenza di due sistemi principali di fratture.

Tabella 3 – Sistemi di fratture Bacino Fondone Cerignano

Sistemi di fratture	Cava Romana	Cava Fondone	Cava Sottovettolina
K1	N70 90	N60 55 NO	N155 80
K2	N175 90		N180 65
K3			N267 56

Sono state realizzate 5 sezioni geologiche parallele fra loro (vedi Tavola QCB 6.2; Figura 41, Figura 42 e Figura 43) orientate Est-Ovest e rappresentate in scala 1:5.000, in cui sono ben visibili le pieghe di seconda fase (D2) denominate Antiforme e Sinforme di Monte Rasori che ripiegano la sinclinale di prima fase (D1) con la formazione delle Metaradiolariti al nucleo.

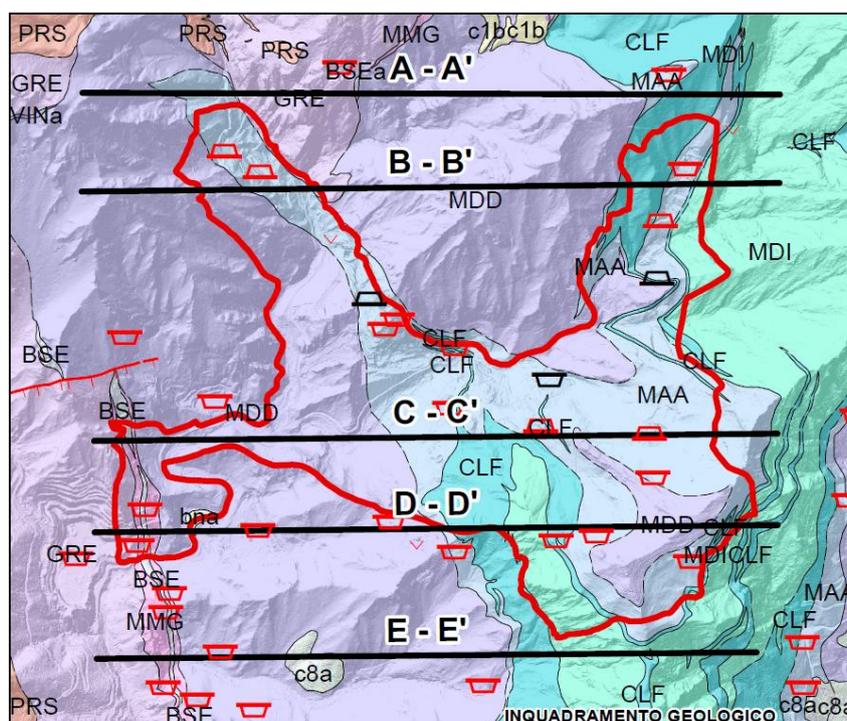


Figura 41 – Estratto dalla Tavola QCB 6.2: schema geologico e tracce delle sezioni Bacino Fondone Cerignano.

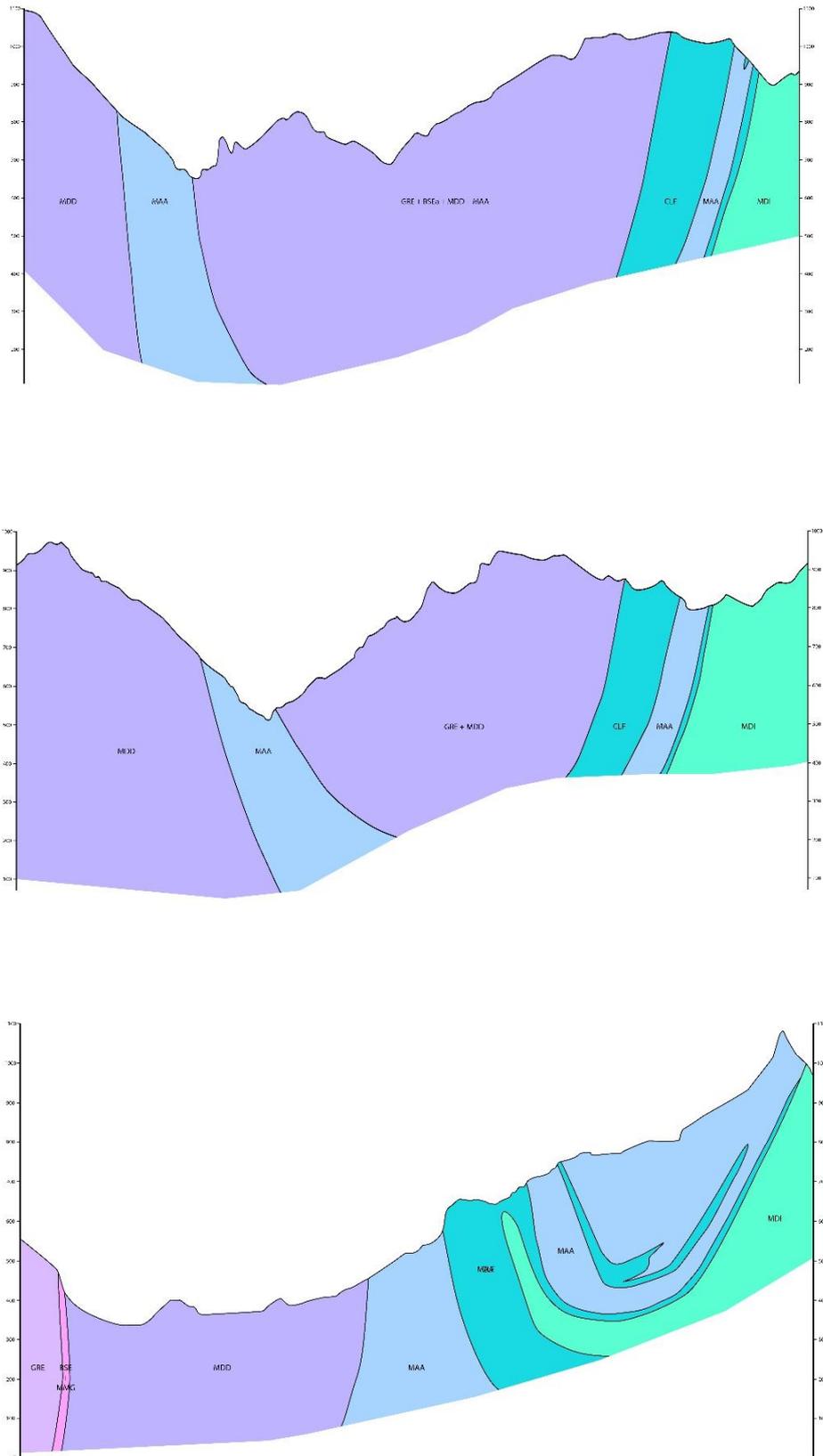


Figura 42 - Estratto dalla Tavola QCB 6.2: sezioni A-A', B-B', C-C'. Le quote indicate sono in metri. Sigle formazioni: GRE – Grezzoni, MDD – Marmi Dolomitici, MAA – Marmi, CLF – Metacalcari selciferi, MDI – Metaradiolariti.

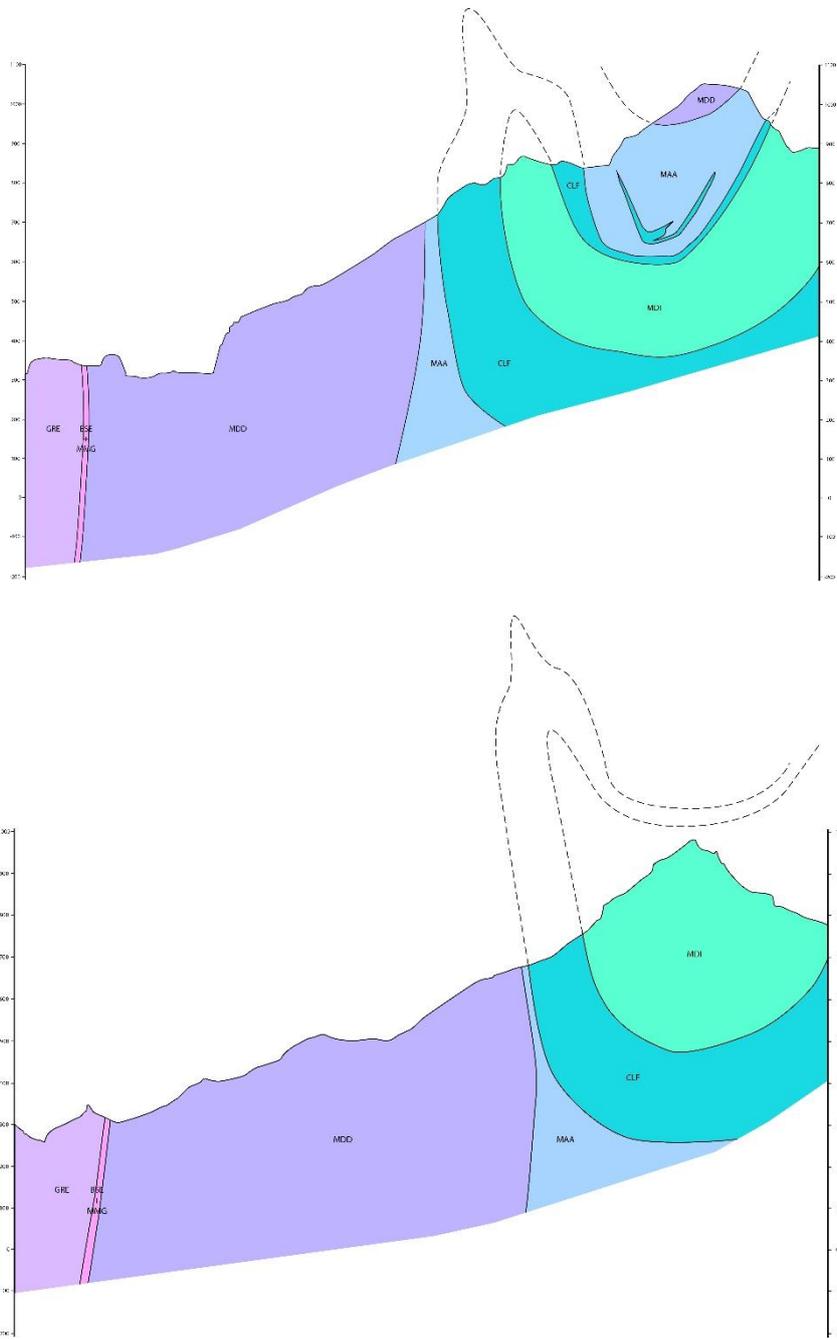


Figura 43 - Estratto dalla Tavola QCB 6.2: sezioni D-D', E-E'. Le quote indicate sono in metri. Sigle formazioni: GRE – Grezzoni, MDD – Marmi Dolomitici, MAA – Marmi, CLF – Metacalcari selciferi, MDI – Metaradiolariti.

Sulla base delle sezioni mostrate sopra è stato realizzato un modello geologico tridimensionale di un'area comprendente il Bacino Fondone Cerignano (Figura 44). La Tavola QCB 6.3 mostra alcune visuali prospettiche da diversi punti di vista del modello tridimensionale della geologia di tutta l'area della Scheda PIT n.6 e della sola area del Bacino Fondone Cerignano, ritagliata utilizzando la proiezione geodetica del limite dell'area contigua di cava. Nella tavola sono mostrate diverse viste del modello completo di tutte le formazioni geologiche e alcune viste del solo volume della formazione marmifera.

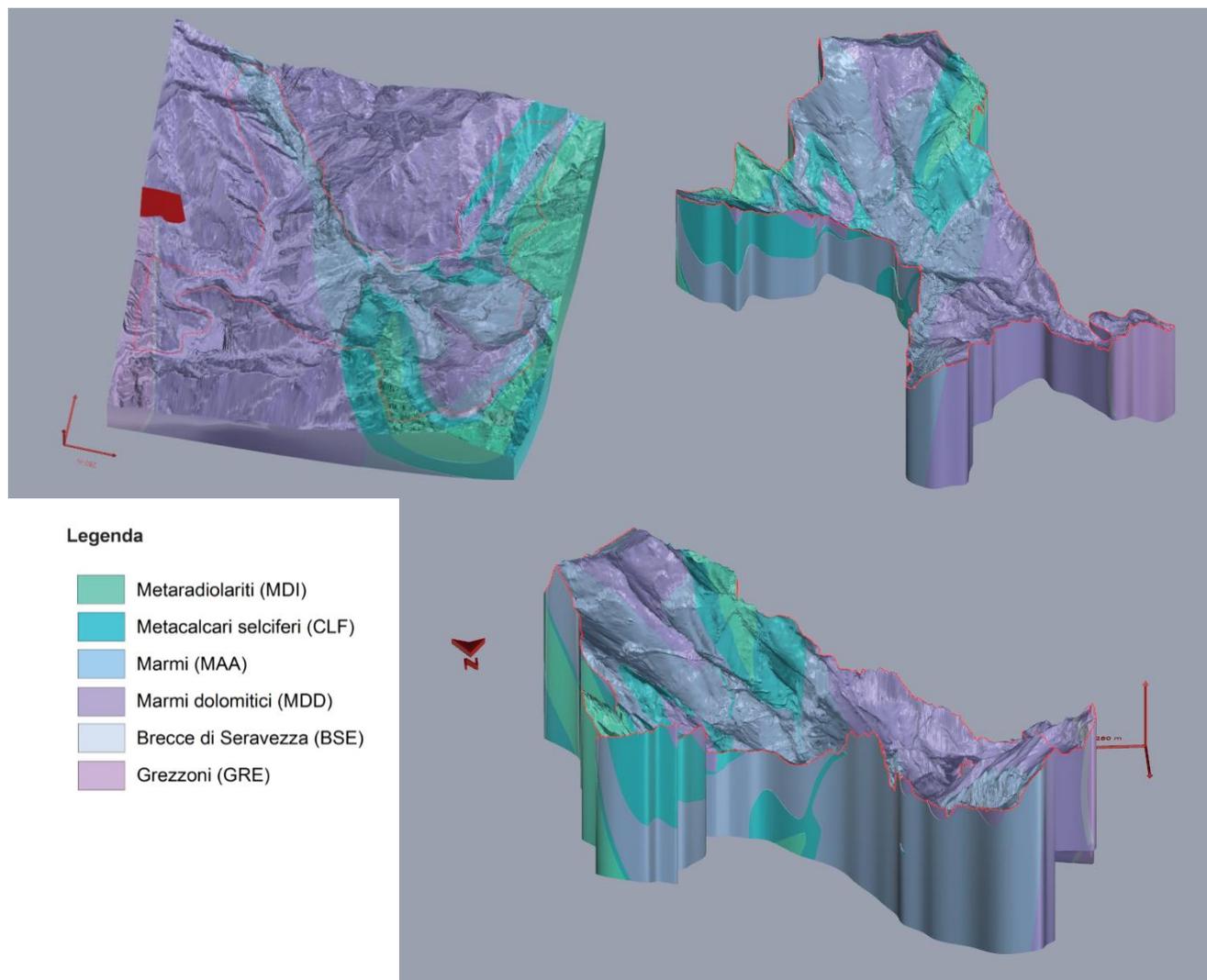


Figura 44 – Estratto da Tavola QCB 6.3: Modello geologico 3D. A destra e in basso il modello ritagliato sull'area contigua di cava del Bacino Fondone Cerignano.

5. GEOMORFOLOGIA (TAVOLA QCB 6.4)

L'area è caratterizzata da valli molto incise e da versanti ad elevata acclività. I depositi quaternari sono molto poco estesi eccezion fatta per alcuni accumuli di frana per crollo e depositi antropici connessi con l'attività estrattiva (ravaneti). Anche i depositi alluvionali olocenici di debris flow e mud flow che si sviluppano all'interno del Bacino Fondone Cerignano, soprattutto lungo il corso del Canale di Cerignano, risentono dell'influenza delle attività estrattive: la maggior parte del materiale rielaborato dal corso d'acqua deriva infatti dagli scarti della lavorazione delle numerose cave attive e dismesse.

Il recente ringiovanimento dell'area legato a motivi tettonici ha generato un'alta energia del rilievo e il conseguente approfondimento degli alvei determinando lo sviluppo di valli incassate tipo canyon o forre e fenomeni di reincisione delle valli, maggiormente sviluppati nel versante occidentale del massiccio apuano.

Nella porzione sud-orientale del Bacino in esame si segnala inoltre la presenza di diversi orli di nicchie di nivazione, in particolare lungo il versante nord della Cima della Croce.



Figura 45 - Immagine 3D del Bacino Fondone Cerignano. Fonte: Google Earth.

6. IDROGEOLOGIA (TAVOLA QCB 6.5)

L'area è caratterizzata dalla presenza di quattro differenti corpi geologici: la formazione delle metaradiolariti, dei metacalcari con selce e calcescisti e dei Marmi. La formazione marmifera è caratterizzata da una permeabilità alta per fratturazione e carsismo, la formazione dei metacalcari con selce e calcescisti e quella dei grezzoni hanno una permeabilità medio – alta per fratturazione e carsismo, mentre le metaradiolariti hanno una permeabilità medio – bassa per fratturazione. Nella porzione meridionale dell'area, in corrispondenza del contatto litologico tra la formazione dei metacalcari con selce e calcescisti e le metaradiolariti, affiora il limite dell'acquifero. L'area presenta, inoltre, numerose cavità carsiche, 4 delle quali ricadono all'interno del perimetro del Bacino: Buca Presso la Cava di Natalino poco a ovest della cava Filone Fondone, e le cavità denominate Buca del Canale di Cerignano, Buca della Borra e Buca n.2 di Forno, lungo il Canale di Cerignano tra le cave Sottovettolina e Borre Mucchietto.

L'area in esame ricade all'interno del Sistema Idrogeologico della sorgente del Fiume Frigido. L'area di alimentazione di questo sistema idrogeologico della sorgente del Frigido ha un'estensione di circa 30 Km² e prende il nome dal Fiume Frigido, principale corso d'acqua del versante a mare del bacino, che nasce dall'omonima sorgente situata presso il paese di Forno nel Comune di Massa (MS). Il limite occidentale è definito dai complessi a bassa permeabilità del Basamento Ercinico (FAF), mentre quello meridionale con il sistema idrogeologico della sorgente di Renara è incerto (come definito in Piccini et al., 1997). La maggior parte del bacino è costituita dai complessi carbonatici della successione triassica dell'Autoctono Apuano caratterizzati da permeabilità per fratturazione e carsismo da media a molto elevata (prevalentemente Marmi, MAA, Grezzoni, GRE, Marmi dolomitici, MDD, e Calcari selciferi, CLF).

Tra i corsi d'acqua principali che lo attraversano, oltre al F. Frigido e ai suoi affluenti nel versante a mare, si ricorda il Fosso Tambura, che scende verso la Garfagnana nel settore settentrionale del bacino.

La sorgente principale del sistema, nonché delle Alpi Apuane, è la sorgente di Forno, meglio nota come sorgente del Frigido, che è ubicata poco più a sud-ovest del Bacino. Questa importante emergenza è posta ad una quota di 235 m s.l.m. a monte del contatto tra i Porfiroidi (PRS) ed i Grezzoni (GRE) ed il punto di recapito delle acque infiltrate nell'area di alimentazione. La portata media della sorgente del Frigido è di 1550 L/s (Forti et al., 1993) con picchi di piena che superano i 4 m³/s (Piccini, 1987) e minimi estivi compresi tra i 400-500 L/s.

Numerose sono le piccole sorgenti che si trovano nell'area, una delle quali ricade all'interno del Bacino estrattivo: si tratta della sorgente libera denominata Conca Forata che si trova subito a nord della cava Borre Mucchietto e ha una portata media di 0,2 m/s.

Di seguito vengono riportate le forme ipogee censite all'interno e nelle vicinanze del Bacino Fondone Cerignano:

Tabella 4 - Cavità carsiche Bacino Monte Bacino Fondone Cerignano.

DENOMINAZIONE	NUMERO CATASTO	IDROLOGIA GEOLOGIA	/	DISLIVELLO TOTALE (m)
Buca del Canale di Cerignano	393	Cavità assorbente	/	180
		Marmi		

Buca Presso La Cava Di Natalino	399	Cavità assorbente / Marmi dolomitici	16
Buca Della Borra	434	Cavità assorbente / Marmi dolomitici	10
Buca n. 1 Di Forno	1058	Cavità assorbente / Marmi dolomitici	-
Buca n. 2 Di Forno	1059	Cavità assorbente / Marmi	-
Buca Del Sentiero Della Sordola	433	Cavità neutra / Grezzoni	1
Grotta Topolinia	995	Cavità assorbente / Grezzoni	240

6.1. Vulnerabilità degli acquiferi

Il problema della vulnerabilità degli acquiferi sulle Apuane è piuttosto rilevante, in quanto le estese aree carbonatiche, proprio per la quasi totale mancanza di un suolo e 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 una fonte di inquinamento a causa della dispersione dei lubrificanti o di altri potenziali inquinanti sul terreno.

Al fine di contenere al minimo il rischio di inquinamento dell'acquifero sopra definito, nelle aree estrattive è opportuno, in sede di normativa, stabilire una serie di accorgimenti e procedure tese a limitare al minimo i possibili fenomeni di contaminazione, ad iniziare dalla dispersione delle acque sui piani di cava.

Si annoverano di seguito alcune delle principali fonti di possibile inquinamento degli acquiferi conseguenti all'attività estrattiva:

- Idrocarburi: si annoverano tra questi sia i carburanti (gasolio) che i lubrificanti in genere (oli motore, idraulici, etc.). Questi possono essere dispersi a causa di rottura o malfunzionamenti delle macchine movimento terra (escavatori e pale gommate) o delle altre macchine di cava che sfruttano oli o carburanti per il loro funzionamento (motori idraulici, motocompressori, generatori, etc.).
- Marmettola: è il residuo di lavorazione proveniente dai tagli effettuati per l'escavazione dei lapidei in genere. La "marmettola" deriva principalmente dai tagli con macchina a filo diamantato o con i tagli della tagliatrice a catena dentata, sebbene le due abbiano caratteristiche fisiche differenti per dimensione. Marmettola si origina anche dalla fase di perforazione con macchinario elettro-idraulico a distruzione. Nel caso della marmettola derivante dai tagli con macchina a filo diamantato (e perforatrici), questa è costituita esclusivamente da una miscela di acqua e carbonato di calcio in polvere (polvere di marmo), con una granulometria che è riferibile come dimensione ai limi-argillosi, pertanto una volta depositata presenta un'azione impermeabilizzante. Il rapporto percentuale tra frazione solida e liquida si aggira in circa il 96% acqua e 4% solido; pertanto risulta una fase completamente fluida. In caso di tagli effettuati con macchina a catena dentata ed uso di acqua, vista la modalità di taglio più grossolana, sarà costituita da una poltiglia di scagliette di marmo umide che in considerazione delle loro dimensioni non arrivano ed essere portate in sospensione. Con le tagliatrici a catena dentata (da galleria e da piazza) si può operare "a secco" senza impiegare acqua; in questo caso la produzione sarà esclusivamente di "trucioli" fini di marmo. La marmettola può

originare fenomeni di inquinamento da solidi sospesi provocando possibile intorbidimento alle sorgenti. 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, citando un lavoro effettuato dal Prof. Leonardo PICCINI dell'Università 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 (polvere di marmo) si accumula nelle parti depresse dei condotti carsici. In condizioni di forte flusso idrico (dopo eventi meteorici particolarmente 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 nuovamente il trasporto di marmettola. 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 (mediamente intorno ai 500m s.l.m.). Il mantenere in atto un'attenta organizzazione ed alcune semplici disposizioni 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 nelle cave del bacino si dovessero intercettare fratture ampiamente carsificate, si potrà provvedere alla loro impermeabilizzazione con bentonite o con cemento.

7. PERICOLOSITÀ (TAVOLE QCB 6.9 e QCB 6.10)

7.1. Definizione e riferimenti normativi

La pericolosità relativamente ai fenomeni naturali indica la probabilità che un determinato fenomeno potenzialmente pericoloso possa verificarsi in un determinato intervallo di tempo in una certa area. Il territorio viene pertanto caratterizzato in funzione dello stato di pericolosità attraverso la redazione di cartografie che caratterizzano le aree in funzione delle diverse classi di pericolosità dei diversi fenomeni naturali. Nello specifico per il territorio regionale sono state redatte le carte delle aree interessate da problematiche di tipo geomorfologico ed idraulico, sismico locale ed idrogeologico con le eventuali indicazioni di condizionamento e trasformabilità anche di tipo prescrittivo da assumere nella redazione di ogni strumento urbanistico.

Per la definizione delle classi di pericolosità contenute nelle cartografie di supporto al PABE, dal punto di vista normativo si è fatto riferimento al D.P.G.R. nr.53/R del 25/10/2011 “ Regolamento di attuazione dell’ articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, il Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord(P.A.I.), il D.lgs.n.152 del 03/04/2006 e D.lgs.n.49 del 23/02/2010 (Piano di gestione del rischio alluvioni – Distretto Idrografico dell’ Appennino Settentrionale, approvato con Delibera n.235 del C.I. del 03/03/2016, oltre al P.T.C. (Piano Provinciale di Coordinamento) della Provincia di Massa approvato con D.C.P. n.9 del 13/04/2005 (Variante al P.T.C. di adeguamento e conformità al P.I.T.).

È stata inoltre presa visione e riferimento dello strumento di pianificazione territoriale vigente nel Comune di Massa, Piano strutturale approvato con delibera del consiglio comunale n. 66 del 09/12/2010 e le tavole del Regolamento Urbanistico adottato con delibera del Consiglio Comunale nr. 58 del 24/07/2015. A supporto delle cartografie di pericolosità sono state elaborate le seguenti tavole fondamentali per definire le problematiche geologiche, idrauliche e simiche del bacino in esame:

- QCB6.1 – Carta Geologico- Strutturale e Merceologica (scala 1:5000)
- QCB6.2 – Sezioni geologiche (scala 1:5000)
- QCB6.3 – Modello 3D
- QCB6.4 – Carta geomorfologica (scala 1: 5.000)
- QCB6.5 – Carta Idrogeologica (scala 1: 5.000)
- QCB6.9 – Carta della pericolosità geologica, geomorfologica, idraulica e loro verifica (scala 1: 5.000)
- QCB6.10 – Carta della pericolosità sismica (scala 1: 5.000)
- QC4a – Carta Geologico Strutturale Generale (scala 1:10.000)
- QC5a – Carta Geomorfologica Generale (scala 1:10.000)
- QC6a – Carta Idrogeologica Generale (scala 1:10.000)
- QPB6.1 - Stato attuale dell’attività estrattiva (scala 1: 2.000)
- QPB6.2 - Stato autorizzato dell’attività estrattiva (scala 1: 2.000)
- QPB6.3 - Stato progettuale dell’attività estrattiva (scala 1: 2.000)

7.2. Disciplina della pericolosità geologica, idraulica e delle problematiche idrogeologiche

Sulla base di quanto definito al punto precedente la pericolosità geologica è stata valutata nel rispetto del DPGR 53/R/2011, della classificazione di pericolosità per frana definite G2, G3 e G4 e relative prescrizioni, e della classificazione di pericolosità definite dal PAI Bacino Toscana Nord che definisce le seguenti classi di pericolosità geomorfologica:

- Pericolosità geomorfologica molto elevata (PFME)

“Rientrano in quest’ultima tutti i fenomeni franosi attivi e le relative aree di influenza, nonché le aree che possono essere coinvolte dai suddetti fenomeni. Rientrano comunque negli ambiti a pericolosità geomorfologica molto elevata le aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida e veloce, quali quelle esposte a fenomeni di crollo, a colate rapide di detrito o di terra su versanti, a voragini per accertati fenomeni carsici, nonché quelle soggette alla ripercussione di colate rapide di detrito incanalate.....”;

- Pericolosità geomorfologica elevata (PFE)

“Rientrano in quest’ultima tutti i fenomeni franosi quiescenti, le relative aree di influenza, nonché le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all’acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado anche di carattere antropico, le aree soggette ad erosione accelerata, subsidenza, aree calanchive.....”;

Il PAI Bacino Toscana Nord individua inoltre altre tre ambiti al di fuori delle aree descritte in precedenza che sono, a cui non risultano associate condizioni di pericolosità:

- 1- **Ambito collinare e montano (o “dominio geomorfologico idraulico -forestale”)**: corrisponde alle aree collinari e alto collinari nelle quali è necessaria un’azione di presidio territoriale tesa a prevenire il manifestarsi di dissesti locali e a non indurre squilibri per le aree di valle .
- 2- **Ambito di fondovalle (o “dominio idraulico”)**: corrisponde alle aree di fondovalle nelle quali assume rilevanza il reticolo idrografico nella sua continuità e dove il territorio deve essere necessariamente riorganizzato in funzione della salvaguardia dell’esistente.
- 3- **Ambito costiero (o “dominio costiero”)**: corrisponde alle aree la cui evoluzione è fortemente determinata dalla dinamica costiera.

Nelle cartografie del Piano si è proceduto, all’ interno della zona contigua di cava, ad una revisione delle aree in virtù di una scala di lavoro superiore (1.2.000) rispetto alle cartografie utilizzate dal PAI (scala 1.10.000). Si sono mantenuti i perimetri originari delle aree a pericolosità, con opportuno segno grafico. Si ricorda che le Norme PAI dettano prescrizioni e direttive che non si applicano agli interventi di trasformazione che riguardano l’estrazione dei materiali lapidei. Inoltre le problematiche idrogeologiche, nel caso specifico, non riguardano solo la stabilità dei versanti, dei fronti cava e la regimazione delle acque, ma anche le potenziali influenze sul reticolo idrografico ipogeo, data la natura carbonatica del substrato in cui avvengono le attività estrattive.

7.3. Pericolosità geologica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI

Il D.P.G.R.53/R classifica le aree a pericolo secondo le seguenti classi di pericolosità:

- ✓ **Pericolosità geomorfologica molto elevata – G.4, che corrisponde alla classe PFME del P.A.I. Toscana Nord:** aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza;

- ✓ **Pericolosità geomorfologica elevata-G.3, che corrisponde P.F.E. del P.A.I. Toscana Nord:**
aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico, aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza, aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
- ✓ **Pericolosità geomorfologica media-G.2, che corrisponde alla “Zona di ambito collinare o montano del P.A.I. Toscana Nord:**
aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalle cui valutazioni risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
- ✓ **Pericolosità geomorfologica bassa-G.1, definita Area di pericolosità di frana bassa che corrispondono alla “Zona di ambito collinare o montano del P.A.I. Toscana Nord :**
aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Tenuto conto della presenza di importanti accumuli detritici antropici, come i ravaneti e gli affioramenti litoidi la classe di pericolosità G3 è stata suddivisa in tre sottoclassi, denominate G3a, G3b e G3c, per differenziare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litotecniche dei terreni lapidei presenti.

Le suddette classi identificano tutti terreni con elevata pericolosità geomorfologica con diverse caratteristiche, nel dettaglio:

- ✓ **Classe G3a – Pericolosità geomorfologica elevata (classe G3 Regolamento 53R):**
aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di carattere antropico, comprendono i versanti in roccia o con roccia sub-affiorante.
- ✓ **Classe G3b – Pericolosità geomorfologica elevata (classe G3 Regolamento 53R):**
aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti con indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità; aree con evidenze di instabilità connesse alla presenza di acque superficiali o sotterranee, a intensi fenomeni erosivi e a processi accertati di degrado antropico, tale classe include frane quiescenti e le aree interessate da terreni copertura (G3b-r: depositi detritici artificiali o ravaneti; G3b-c : depositi eluvio colluviali)
- ✓ **Classe G3c – Pericolosità geomorfologica elevata (classe G3 Regolamento 53R):**
aree che possono essere coinvolte da processi a cinematica rapida ascrivibili a colate rapide incanalate all' interno di impluvi.

Le prescrizioni e la disciplina di trasformazione su queste aree è definita dalle norme contenute nell' art.13 delle Norme P.A.I. Bacino Toscana Nord “aree PFE”.

In questo articolato sono previste anche gli interventi in ambito di cava ad esempio nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (G4) viene definito quanto segue “... sono consentite le attività di cava, a condizione che interessino aree ricomprese nei vigenti piani di settore per le attività estrattive e si configurino anche come interventi di sistemazione e bonifica dei dissesti in atto, secondo gli indirizzi contenuti nelle presenti Norme”.

Tutte le aree incluse nelle classi P.A.I., PFME e PFE sono sottoposte a vincolo idrogeologico.

Per ogni Bacino le condizioni di pericolosità specifiche verranno trattate nel documento “Relazione di pericolosità e fattibilità idrogeomorfologica e sismica”.

7.4. Aree con problematiche idrogeologiche

Le attività estrattive riguardano formazioni carbonatiche in parte carsificate o comunque in cui sono presenti sistemi di fratturazione più o meno intensi che possono comportare la circolazione idrica all'interno dell'ammasso e quindi creare situazioni di squilibri idrogeologici, con potenziali fenomeni di esposizione della risorsa idrica. Nello studio dei bacini si è posta l'attenzione a tutte quelle aree, che non necessariamente possono essere associate ad una determinata classe di pericolosità, ma che potendo costituire zone di basso grado di protezione o esposizione della risorsa idrica, come ad esempio fasce cataclastiche o aree adiacenti a doline o grotte carsiche. Per queste aree sono state fornite indicazioni sugli eventuali condizionamenti alla trasformabilità, disciplinandole nelle Norme Tecniche Attuative di ogni Bacino.

7.5. Pericolosità idraulica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI Autorità di Bacino Toscana Nord

La valutazione delle pericolosità idraulica si basa sulla possibilità che un corso d'acqua esondi dal reticolo idrografico, per eventi con tempo di ritorno assegnato ed alla probabilità di allagamento per insufficienza di drenaggio nelle zone depresse. È quindi necessario analizzare tutti gli aspetti connessi alla probabilità di allagamento dovuti ai seguenti fenomeni:

- Inondazione da corsi d'acqua
- Insufficienza di drenaggio

Per la definizione delle classi di pericolosità idraulica si fa riferimento alle “Direttive per le Indagini geologiche”, Allegato A del DPGR 53/R/2011, in cui sono definite le seguenti classi:

- ✓ **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):**
aree interessate da allagamenti per venti con $Tr \leq 30$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturale, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:
 - a) vi sono notizie storiche di inondazione;
 - b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a 2 metri sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.
- ✓ **Pericolosità idraulica elevata (I.3):**
aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 > Tr \leq 200$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrando in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:
 - a) vi siano notizie storiche di inondazioni;
 - b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

✓ **Pericolosità idraulica media (I.2):**

Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < T_r \leq 500$ anni. Fuori sdalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrando in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno le seguenti condizioni:

- a) non vi siano notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a 2 metri rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

✓ **Pericolosità idraulica bassa (I.1):**

aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrano le seguenti condizioni:

- a) Non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a 2 metri rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Per i bacini in esame sono state individuate ed indicate le aree caratterizzate da “pericolosità idraulica elevata” I4. Per le aree a pericolosità idraulica le Norme del PAI non contengono alcuna disposizione inerente alle coltivazioni di cava. Nelle carte di pericolosità idraulica del PAI non sono comprese le aree dei bacini estrattivi, conseguentemente queste aree sono considerate in classe di pericolosità idraulica bassa I.1. Nelle cartografie del Piano Attuativo le aree di cava sono state classificate in classe di pericolosità bassa I.1, conformemente al PAI ad eccezione di limitate aree, inserite in classe di pericolosità idraulica I.4 in quanto riguardano zone con le seguenti caratteristiche:

- aree soggette a colate detritiche in alveo e perimetrate anche in classe di pericolosità geomorfologica G3c;
- zone di rispetto assoluto del reticolo principale definito dalla L.R.n.79/2012 e DCRT n.135/2017, con ampiezza di 10 m.

Va sottolineato che per le aree di Bacino del Piano attuativo non sono presenti studi idraulici e quindi non è disponibile la definizione dei battenti idraulici, necessari per gli interventi di messa in sicurezza idraulica delle aree, trattandosi comunque di corsi d'acqua montani con portata discontinua, a carattere torrentizio e di elevata acclività, con sponde ripide e aree di fondovalle molto incise, non risulta possibile definire i battenti idraulici.

7.6. Pericolosità sismica rif. DPGR n.53/R2011 e norme PAI Autorità di Bacino Toscana Nord

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi di tipo geologico e geomorfologico, vengono desunte le aree dove possono verificarsi effetti locali o di sito di amplificazione sismica dovute a presenza di faglie e/o strutture tettoniche, fenomeni di amplificazione stratigrafica, contatti tra litotipi a caratteristiche fisico/meccaniche significativamente differenti, accentuazione della stabilità dei pendii, terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

La sintesi della sovrapposizione di tutte le informazioni di carattere geologico e geomorfologico deve porta alla valutazione e definizione delle classi di pericolosità sismica, sulla base delle seguenti 4 classi, definite dal DPGR n.53/R/2011

- ✓ **S.4- Pericolosità sismica molto elevata:**
zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici
- ✓ **S.3- Pericolosità sismica elevata:**
Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone instabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri
- ✓ **S.2- Pericolosità sismica media:**
zone suscettibili di instabilità di versante un'attiva e che potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);
- ✓ **S.1- Pericolosità sismica bassa:**
zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica

Analogamente alla suddivisione della classe di pericolosità geomorfologica G.3, anche per quella sismica si proceduto ad una suddivisione in sottoclassi chiamate S.3a e S.3b, così da permettere una differenziazione nelle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litotecniche dei terreni presenti. Le sottoclassi della categoria S.3 riguardano aree con le seguenti caratteristiche:

- ✓ **Classe S.3a- Pericolosità sismica elevata**
zone con possibile instabilità indotta, amplificazione per effetti morfologici e stratigrafici; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; presenza di faglie e/o contatti tettonici
- ✓ **Classe S.3b- Pericolosità sismica elevata**
Aree in cui sono presenti fenomeni di instabilità quiescenti e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana per le quali non si escludano fenomeni di instabilità indotta dalla sollecitazione sismica (pendii caratterizzati da coperture sciolte); zone con possibile amplificazione sismica connesse a zone di bordo della valle o di raccordo con il versante (G3b-r depositi detritici artificiali; G3b-c depositi eluvio- colluviali).

7.7. Descrizione dei livelli di pericolosità e delle rispettive aree determinate dalle particolari situazioni all' interno dei Bacini estrattivi

Per ogni bacino sono state redatte specifiche carte della pericolosità che verranno analizzate nella Relazione di inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e giacimentologico di dettaglio a cui si rimanda.