

STUDIO DI GEOLOGIA PROFETI
DOTT. MAURIZIO PROFETI GEOLOGO
VIA ROCCATAGLIATA N.96, 54033 CARRARA (MS)
TEL.: 3479059317 E-MAIL: maurizioprofeti@libero.it

COMUNE DI CARRARA



RELAZIONE GEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA-IDROGEOLOGICA CON ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA-IDRAULICA-SISMICA A SUPPORTO DEL PROGETTO DI COLTIVAZIONE CAVA N.64 – LA MADONNA

ai sensi

D.Lgs. 152/2006 e della L.R. 10/2010

L.R. 35/2015 e DPGR 72/R

PABE Comune di Carrara

Committente:

Cave di Sponda S.r.l.

Via Genova 42 – Marina di Carrara (MS)

Direttore dei Lavori e Legale rappresentante

Sig. Fortunato Barra

FIRMATO DIGITALMENTE BRRFTN58S04L682I

Il Tecnico

Dott. Maurizio Profeti Geologo

FIRMATO DIGITALMENTE PRFMRZ73C19B832X

Agosto 2025

SOMMARIO

1.	PREMESSA	3
2.	LOCALIZZAZIONE	3
3.	NORMATIVA, VINCOLI E PERICOLOSITA'	6
4.	SCOPI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO	14
5.	ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA	17
6.	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO	23
6.1.	Geomorfologia	23
6.2.	Geologia	25
6.3.	Giacimentologia	29
6.4.	Idrografia e idrogeologia	34
7.	VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELL'AZIONE SISMICA	43
8.	MODELLO GEOLOGICO	47
8.4.	Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante	47
8.5.	Modello geologico in presenza di "ravaneti"	48
9.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	48

ELENCO DEGLI ALLEGATI:

TAV. G.1 – CARTA GEOMORFOLOGICA

TAV.G.2A – CARTA GEOLOGICA/GIACIMENTOLOGICA

TAV. G.2B – SEZIONI GEOLOGICHE

N.B.: PER QUANTO RIGUARDA LA DOCUMENTAZIONE SPECIFICA A LIVELLO IDROGEOLOGICO, SI RIMANDA ALLA RELAZIONE TECNICA COMPRENSIVA DI CARTA IDROGEOLOGICA E SEZIONI IDROGEOLOGICHE AGGIORNATE DAL GEOLOGO ROBERTO ANDREI

1. PREMESSA

La presente relazione viene redatta per conto della Cave di Sponda S.r.l., con sede in via Genova 42, Marina di Carrara (MS), a corredo della documentazione tecnica, predisposta a cura dell'Ing. Marco Berlinghieri, inerente il nuovo progetto di coltivazione della Cava n.64 denominata "La Madonna", ubicata nel Bacino marmifero di Torano. Nel particolare, il presente lavoro focalizza l'attenzione sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area in oggetto permettendo, in ultima analisi, di valutare la fattibilità geologica, idraulica e sismica 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

L'area estrattiva oggetto di studio è ubicata nel territorio comunale di Carrara ed è contrassegnata dal numero d'ordine 64 nell'elenco delle cave del comune di Carrara; si trova all'interno del bacino marmifero di Torano ed è raggiungibile attraverso la via comunale Torano-Piastra. Il sito estrattivo è stato sviluppato su un cantiere superiore e un cantiere inferiore entrambi a cielo aperto; durante gli ultimi anni, le lavorazioni si sono concentrate nel cantiere inferiore che allo stato attuale, come indicato nelle planimetrie fornite dal progettista, è caratterizzato da un piazzale di base posto a quota circa 215 m. s.l.m. e da un sotterraneo in fase di tracciamento con quota di base a circa 221,80 e quota tetto a circa 227,30 m. s.l.m..

La coltivazione si svilupperà integralmente nei mappali dichiarati in disponibilità dalla ditta: al foglio n. 20 mappali n. 42, 43, 52, 53f, 54f, 55, 57, 65, 66f, 67, 73f e 74f; al foglio n. 26 mappali 37, 38, 84, 85, 125, 126f, 127, 128f, 129, 258 e 259; in disponibilità temporanea a servizio della cava al foglio n. 20 mappali 24p, 29f, 68f e 101p e al foglio 26 mappale 116f, 133f e 136p del Catasto nel Comune di Carrara.

Si rimanda alla **Figura 1** seguente per la localizzazione dell'area di intervento in scala 1:10.000 sulla base della CTR locale D249100 ed alla **Figura 2** per la rappresentazione dello stato attuale dei luoghi secondo i rilievi topografici aggiornati a cura del Progettista Ing. Marco Berlinghieri.



Regione Toscana



Regione Toscana - SIPT: Cartoteca

Inquadramento Cava n.64 La Madonna

Scala 1 : 10,000

589,453.9

4,884,086

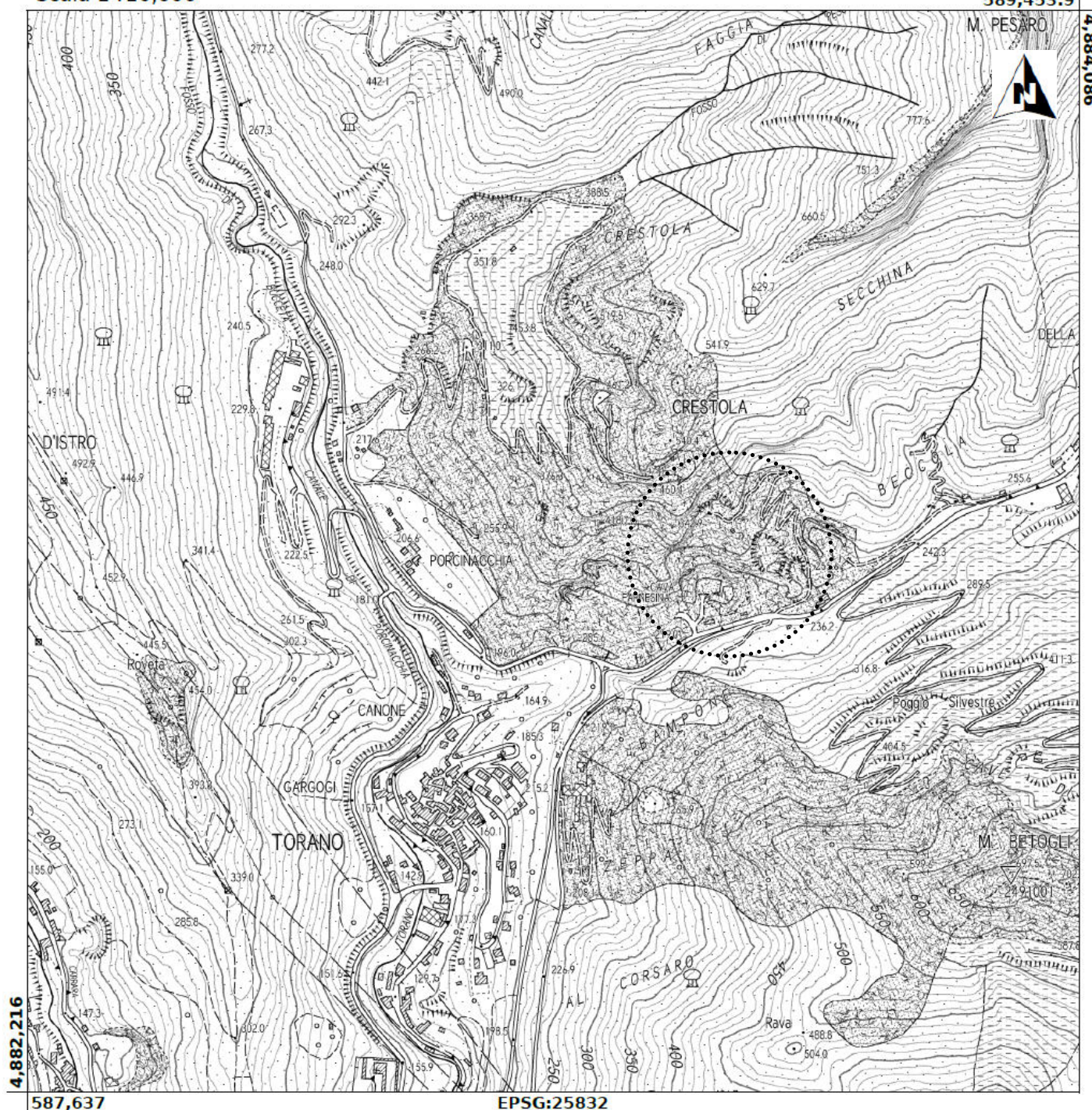


Fig. 1 – Localizzazione della cava N.64 denominata La Madonna ed esercita dalla Cave di Sponda S.r.l.
Scala 1:10.000

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità
Progetto di coltivazione Cava n.64 – La Madonna – AGOSTO 2025

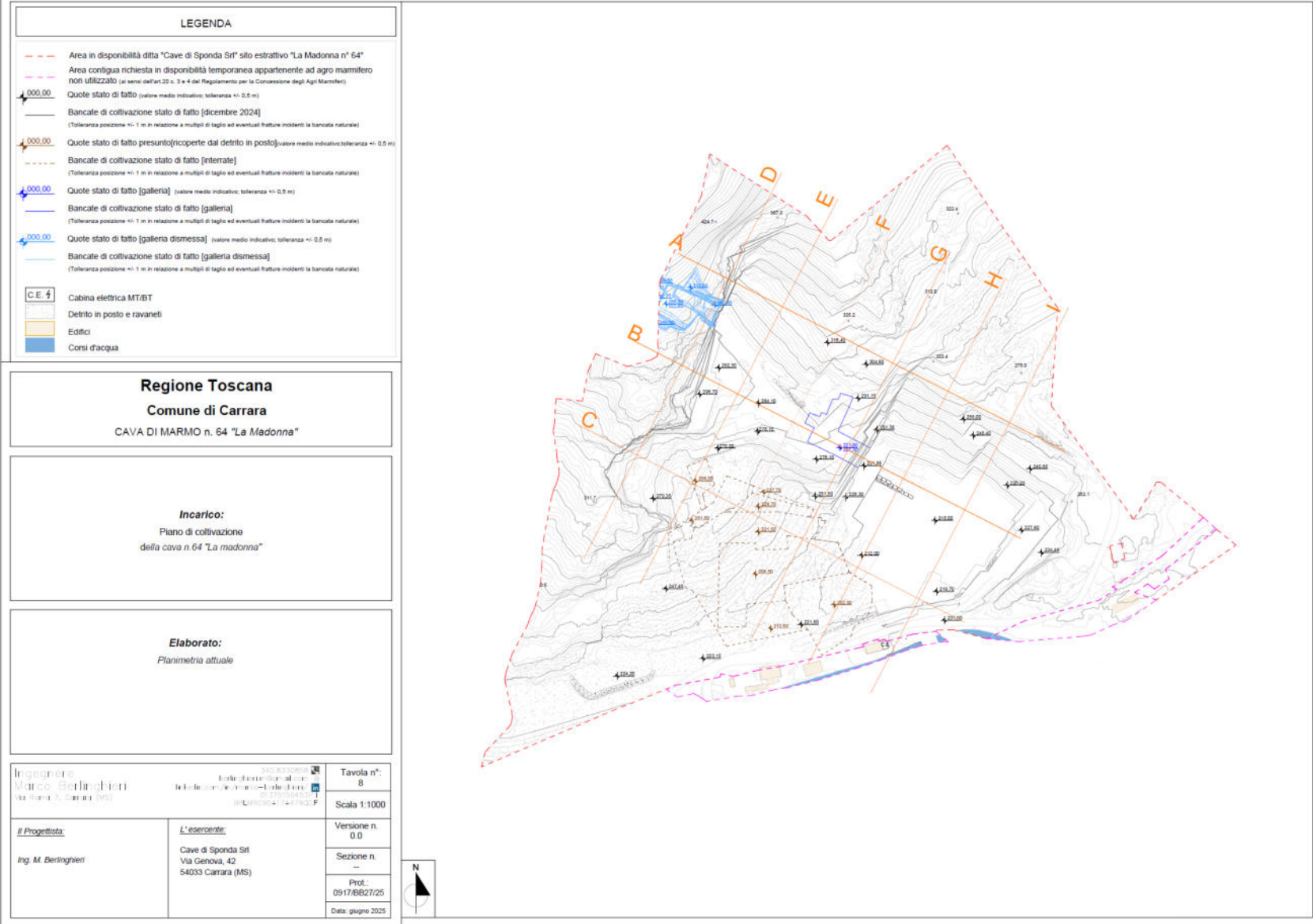


Fig. 2 – stato attuale della cava N.64, denominata La Madonna ed esercita dalla Cave di Sponda S.r.l., sulla base dei rilievi topografici a cura dello Progettista Ing. Marco Berlinghieri. Scala arbitraria.

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*

La quasi totalità dell’area in disponibilità rimane al di fuori del Vincolo Idrogeologico secondo i disposti del R.D. 3267/1923 e succ. mod. int.; tale vincolo insiste solamente su una limitatissima area verso il confine Nord-Est dell’area in disponibilità.

Secondo il quadro propositivo di dettaglio relativo ai PABE riportato nella seguente **Fig.3**, tutta l’area estrattiva in oggetto risulta inserita a vulnerabilità idrogeologica A3 medio alta e disciplinata, quindi, dall’art. 27 commi 4, 5 e 6 e dall’art.28 delle NTA dei PABE, come di seguito indicato dall’estratto normativo. Inoltre, si renderà necessario rispettare quanto richiesto all’art.29 delle NTA stesse in merito alla tutela delle acque superficiali, come riportato di seguito.

Quadro propositivo di dettaglio

Cava
64

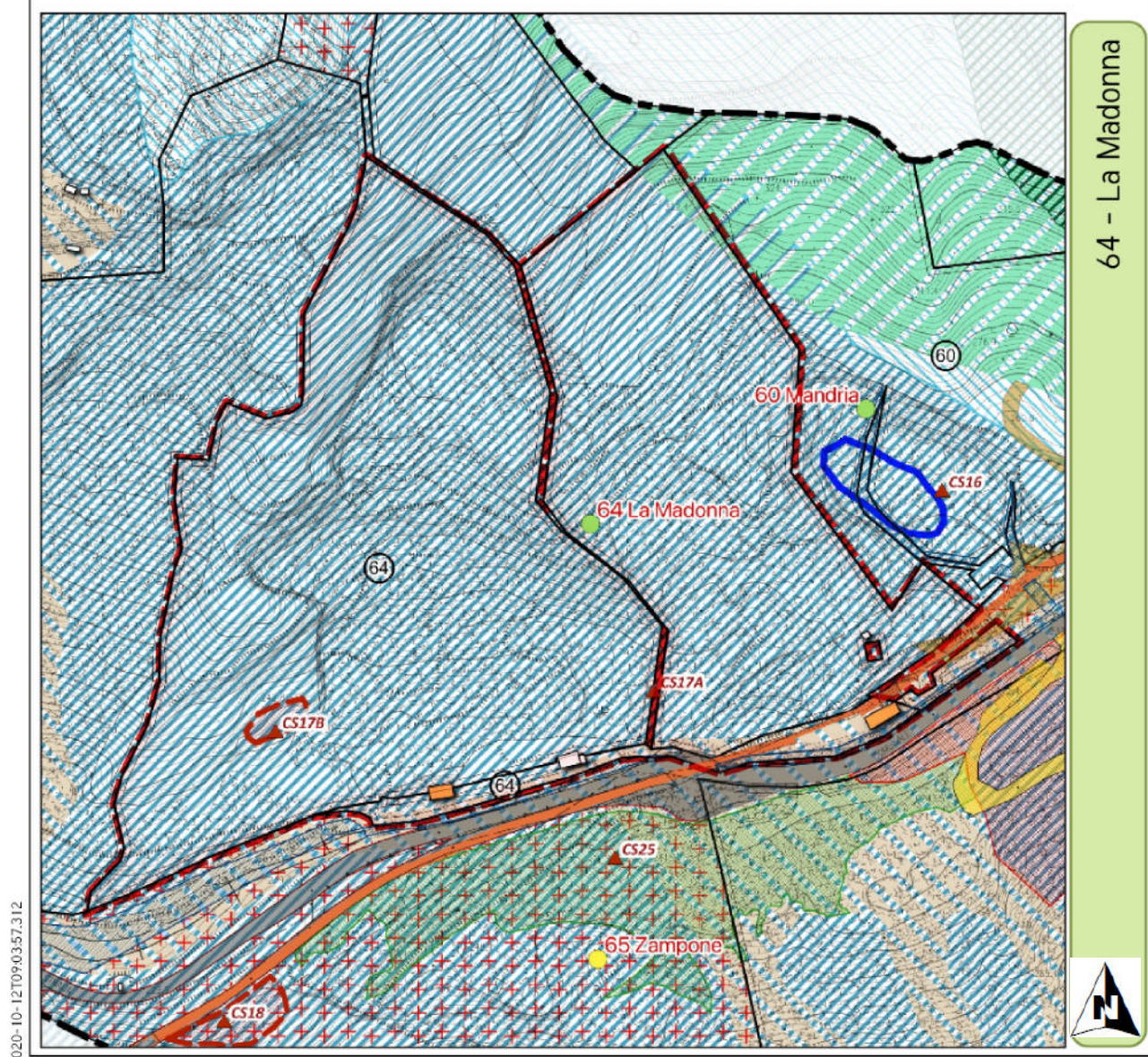


Fig. 3 – stralcio del quadro propositivo di dettaglio allegato ai PABE.
Scala arbitraria

**Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità
Progetto di coltivazione Cava n.64 – La Madonna – AGOSTO 2025**



TITOLO IV
DISCIPLINA IN MATERIA AMBIENTALE

Art. 27 Aree di tutela delle sorgenti e dei pozzi captati per uso idropotabile

1. Il presente Piano, al fine di salvaguardare le sorgenti e i pozzi captati per scopi idropotabili, identifica zone nelle quali valgono le specifiche seguenti norme di tutela.

2. Le aree di tutela definite con la sigla A1 nelle Tavole del Q.P. corrispondono alle zone di rispetto di cui all'art. 94 del D.lgs. 152/2006 e s.m.i. e sono estese per un raggio di 200 metri dal punto di captazione. In queste zone, oltre ad applicarsi la normativa sopracitata:

- sono vietate l'apertura e la prosecuzione di qualsiasi attività estrattiva nonché la previsione di ambiti a servizio dell'escavazione;

- sono fatte salve le attività di messa in sicurezza e ripristino ambientale ex l.r. 35/2015 previo nulla osta degli Enti preposti alla tutela ambientale.

3. Le aree di tutela individuate con la sigla A2 nelle Tavole del Q.P. definite a vulnerabilità elevata, sono estese per un raggio di 300 m dal punto di captazione. In queste zone:

- è vietata l'apertura di nuove attività estrattive e la riattivazione di cave inattive;

- sono consentiti gli interventi e le opere di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale di cave inattive;

- è consentita la prosecuzione e l'ampliamento delle cave esistenti alle condizioni di cui al comma successivo.

4. Nelle aree individuate con la sigla A3 nelle Tavole del Q.P., definite a vulnerabilità medio-elevata, le nuove autorizzazioni dovranno adottare esclusivamente modalità di taglio a secco oppure modalità alternative di taglio o di raffreddamento degli utensili che prevedano l'utilizzo di modeste quantità di acqua e liquidi in genere e che salvaguardino, comunque, la qualità della risorsa idrica. Le modalità alternative di taglio o di raffreddamento degli utensili dovranno essere valutate ed approvate dalle autorità competenti al momento del rilascio dell'autorizzazione (congiuntamente ad ARPAT e Azienda USL) e saranno sottoposte ad una fase sperimentale della durata di almeno un anno che ne dimostri l'efficacia.

5. In dette aree A3 possono essere individuate aree per la riquadratura dei blocchi perfettamente impermeabili e stabilmente cordolate nelle quali è possibile l'utilizzo di acqua mediante un impianto a ciclo chiuso.

6. Le imprese esercenti attività estrattive già autorizzate ricadenti nelle aree A3 devono adeguarsi alle prescrizioni sulle modalità di taglio di cui al precedente comma 4 entro cinque anni dall'entrata in vigore del PABE e sono tenute ad adottare le soluzioni previste dal successivo art. 28 entro un anno dall'entrata in vigore del PABE.

7. Nelle aree individuate con la sigla A4 nelle Tavole del Q.P. definite a vulnerabilità media, le imprese esercenti attività estrattive già autorizzate dovranno, entro un anno dall'entrata in vigore del presente piano:

- adottare le soluzioni previste dal successivo art. 29;

- presentare un dettagliato studio idrogeologico atto a verificare la compatibilità delle tecniche di taglio utilizzate con la tutela delle sorgenti captate per scopi idropotabili.

Art. 28 Gestione acque di lavorazione

1. I titolari di autorizzazione all'esercizio di attività estrattiva devono provvedere ad attivare modalità di lavorazione tese ad eliminare i rischi di contaminazione dei reflui di lavorazione derivanti dall'attività di taglio al monte e dalla riquadratura dei blocchi.

2. Non è consentita la dispersione incontrollata sui piazzali di cava delle acque reflue di lavorazione.

3. I reflui di lavorazione devono essere raccolti in vicinanza delle aree in lavorazione e indirizzati verso gli impianti di trattamento attraverso tubature chiuse o canalette o contropendenze o sistemi similari, evitando la loro dispersione incontrollata sulle superfici di cava.

4. Nella zona di raccolta e nel percorso dei reflui devono essere preventivamente impermeabilizzate stabilmente le fratture presenti.

5. Nel caso in cui il contenimento dei reflui sia eseguito con l'ausilio di cordolature, queste non devono essere realizzate con materiali facilmente erodibili.

6. Se le attività di riquadratura non possono essere eseguite nelle aree appositamente realizzate a tale scopo per oggettivi impedimenti di natura tecnica da valutare da parte dei competenti uffici, l'area utilizzata dovrà comunque essere ripulita al termine di ogni operazione. La pulizia al termine di ogni operazione è obbligatoria anche per i tagli al monte ed il primo sezionamento delle bancate se non trasportabili per peso e dimensionamento alle aree di riquadratura.

Art. 29 Tutela delle acque superficiali

1. I progetti di coltivazione devono prevedere tutte le opere necessarie per contenere il trascinamento dei materiali fini all'esterno dei siti estrattivi e per perseguire il massimo risparmio idrico. A tal fine è necessario, in particolare, che nei progetti di coltivazione vengano previsti i seguenti presidi ambientali:

- le strade di arroccamento al sito estrattivo attivo devono essere provviste di sistemi di regimazione delle acque munite di impianti di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le aree di stoccaggio dei derivati dei materiali da taglio devono essere posizionate in zone dove la morfologia permette il contenimento impedendo la fuoriuscita dall'area di acqua mista a materiali fini, oppure devono essere previsti appositi impianti di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le acque meteoriche dilavanti (AMD) in uscita dall'area di estrazione attiva o dalle aree di stoccaggio, prima della continuazione del percorso idrico esistente, devono essere convogliate in appositi sistemi di separazione dei materiali fini, quali vasche di decantazione o opere di trattenuta e sedimentazione in genere;
- le opere di trattamento e sedimentazione devono essere sistematicamente controllate e mantenute;
- i piazzali di lavorazione devono essere puliti periodicamente e le operazioni devono essere annotate in apposito registro di cava.

2. Il dimensionamento delle vasche deve essere effettuato definendo la pioggia di progetto secondo le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) di cui alla DGRT 1133/2012.

3. Sono da adottare prioritariamente tecnologie volte a ridurre i consumi idrici e a garantire l'efficienza del riciclo/recupero delle acque di lavorazione.

4. In relazione allo sviluppo dell'attività estrattiva nel periodo di vigenza del PABE, sono da mantenere eventuali aree depresse stagionalmente allagate presenti nell'area in disponibilità che non siano più funzionali per l'attività stessa. Qualora si renda necessario il riutilizzo o la modifica dei suoli, è necessario ricorrere a parere esperto per poter procedere salvaguardando eventuali specie di valore conservazionistico che si siano insediate.

Di seguito si allegano stralci della carta della pericolosità geologica, della pericolosità idraulica e degli elementi sismici, con relative legende, estratti dalla scheda di dettaglio allegata ai PABE del Comune di Carrara. L'area ricade per la quasi totalità in pericolosità geologica G.3a e, per una fascia molto ristretta a confine con il fosso di Torano, in pericolosità geologica G.4. Dall'analisi della documentazione progettuale, si rileva che in quest'ultima area non sono previste lavorazioni. Inoltre, buona parte del piazzale di base del cantiere inferiore ricade in area a pericolosità idraulica elevata PIE e, dal punto di vista sismico, in pericolosità sismica S.3. Si rimanda a quanto rispettivamente indicato nelle **Figure 4, 5 e 6** seguenti.

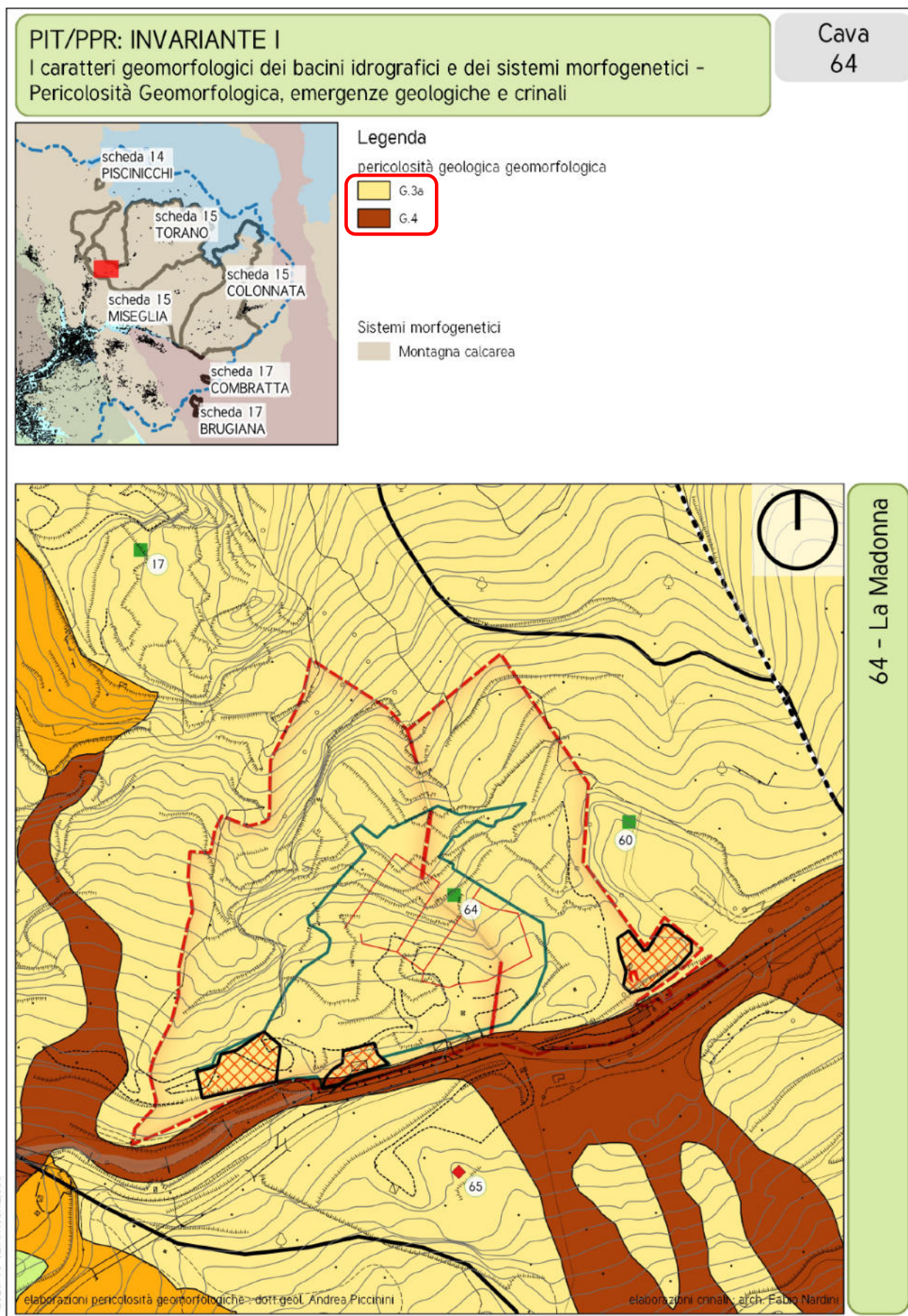


Fig. 4 – stralcio della Carta della Pericolosità Geologica allegata ai PABE. Scala arbitraria

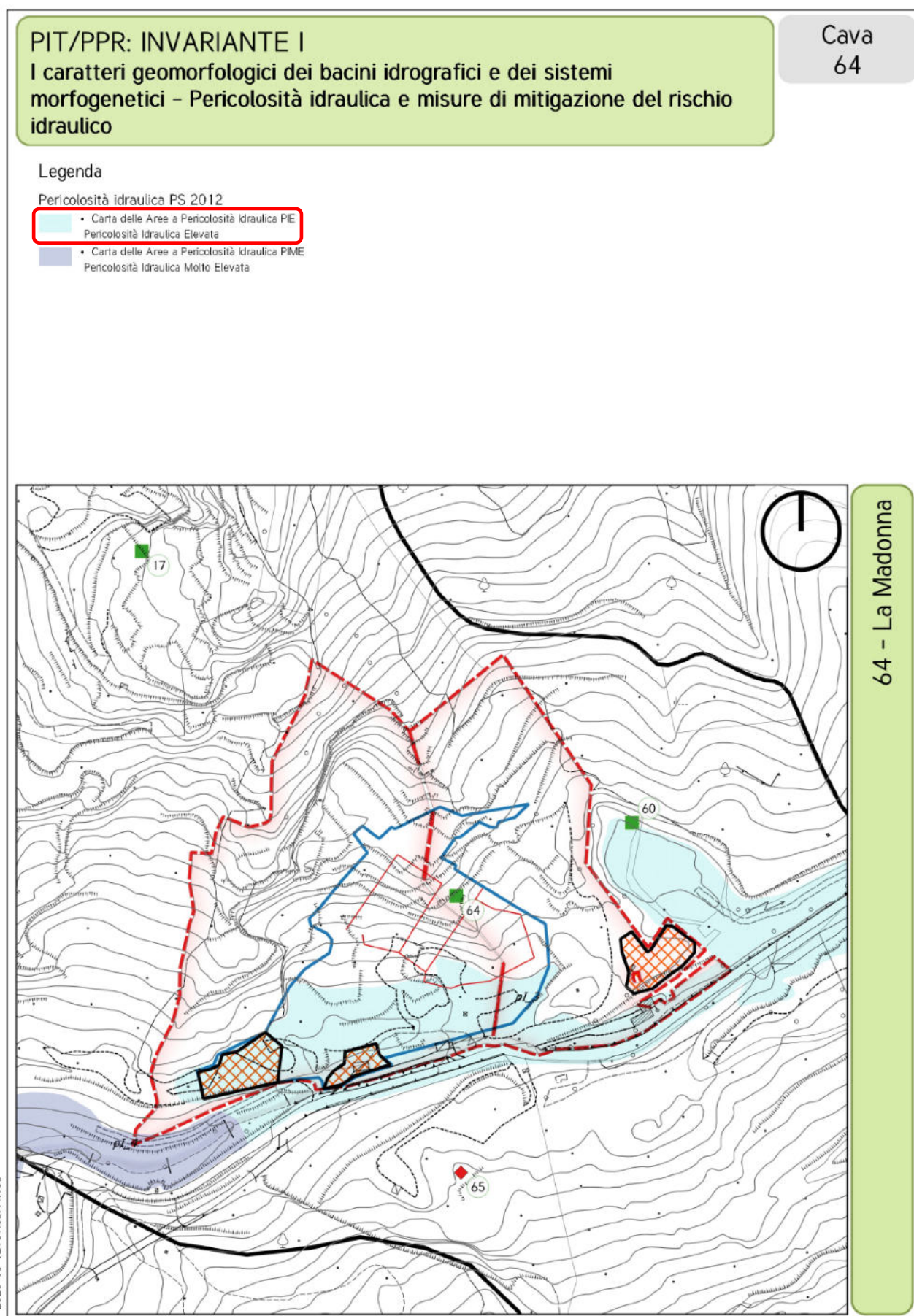


Fig. 5 – stralcio della Carta della Pericolosità Idraulica allegata ai PABE. Scala arbitraria

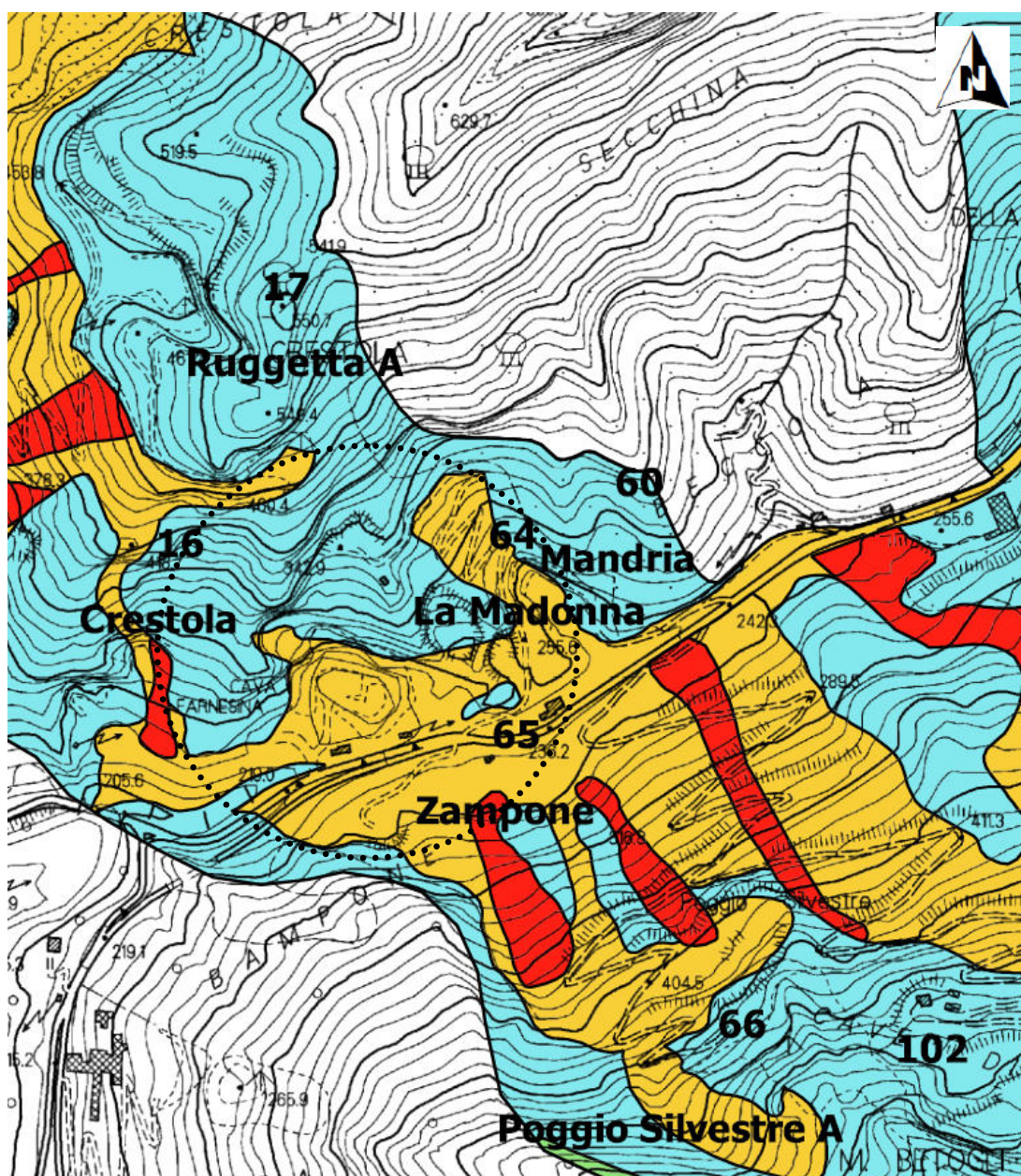


Fig. 6 – stralcio della Carta degli elementi Generali con Rilevanza Sismica G7.1 (Tav. Nord) allegata ai PABE. Scala Arbitraria.

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

4. SCOPI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

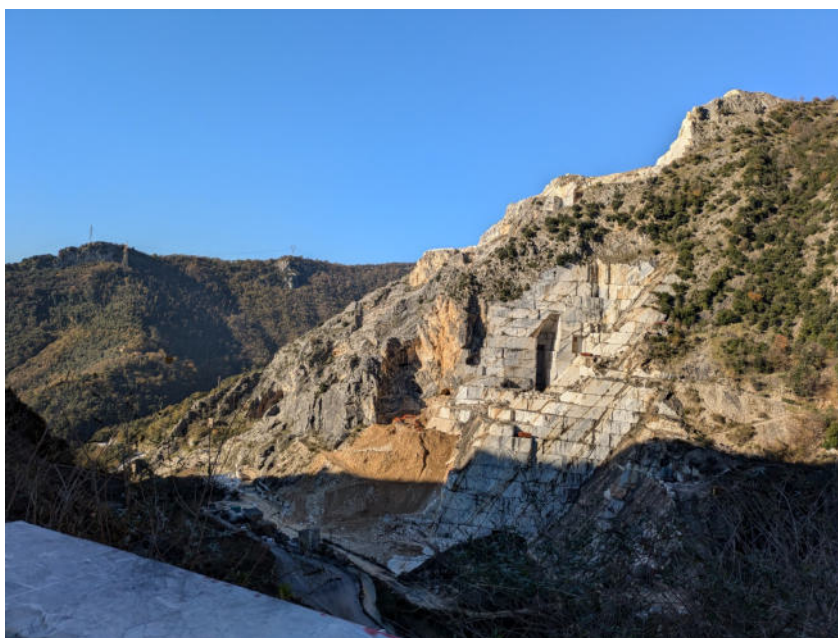
Di seguito si riportano testualmente gli scopi e la descrizione del progetto come da Relazione Tecnica di Progetto redatta a cura del Progettista Ing. Marco Berlinghieri:

“

Il presente progetto di escavazione, redatto per la cava n° 64 “La Madonna”, conforme ai Piani Attuativi di Bacino adottati dal Comune di Carrara, risulta essere la logica prosecuzione di quanto sino ad oggi autorizzato. Il nuovo progetto di coltivazione vede il proseguo della coltivazione del cantiere “inferiore” sia a cielo aperto che in sotterraneo, garantendo il corretto uso della risorsa mineraria, ed assicurando una coerenza sotto il profilo della tutela del territorio e dell'ambiente.

Descrizione dei cantieri

La cava n. 64 “La Madonna” è attualmente distinta in due cantieri: quello “superiore” e quello “inferiore”, attualmente l'attività estrattiva si svolge nel cantiere “inferiore”, mentre nel cantiere sommitale l'attività risulta momentaneamente sospesa.



Vista complessiva della cava.

Il cantiere “superiore” è suddiviso in una parte escavata in “sotterraneo” e una a “cielo aperto”, ed è attualmente inattivo. Il “sotterraneo” è situato all'estremità nord occidentale del cantiere ed è il risultato di lavorazioni svolte in passato per avanzamenti a sbassi discendenti successivi, si sviluppa in una camera principale allungata in direzione Nord-Ovest posto fra le quote 322,60 – 284,90 m slm. Il cantiere a “cielo aperto” è il risultato della coltivazione svolte in passato per fette orizzontali a sbassi discendenti, fino al raggiungimento del piazzale posto fra le quote 294,60-284,10m slm.

In cantiere “inferiore” è il risultato della coltivazione per fette orizzontali a sbassi discendenti, fino al raggiungimento del piazzale posto fra le quote 215,00 – 219,00m slm; fra le quote 227,30 – 221,80m slm è stata realizzata una nuova galleria di tracciamento che si sviluppa in direzione Nord-Ovest. Nella zona collocata più ad Ovest di questo cantiere sono presenti alcune bancate coltivate svariati anni fa a “cielo aperto”, attualmente ricoperte dal detrito risultante delle bonifiche condotte nel passato di porzioni particolarmente fratturate che erano presenti nel cantiere “superiore”.

Alcune decine di anni fa, il detrito accumulato in tali aree venne utilizzato per la viabilità interna di collegamento al cantiere sovrastante, rendendolo funzionale alla ripresa dall'alto del giacimento.

Le lavorazioni attualmente raggiunte con il presente piano autorizzato, rilevate in dettaglio mediante rilievo fotogrammetrico da drone, sono riportate nella tavola “Tav.8 - Planimetria attuale”.

Lavorazioni in progetto

Le lavorazioni in progetto sono riportate nella tavola “Tav.9A - Planimetria di progetto [Stato intermedio]” e “Tav.9B - Planimetria di progetto [Stato finale]”; queste risultano essere la logica prosecuzione di quanto oggi autorizzato, così da consentire il regolare proseguo delle coltivazioni.

Il progetto è stato impostato in due fasi, prevedendo uno stato intermedio con il raggiungimento della quota 209,00 m slm a “cielo aperto” e l'esecuzione di buona parte del tracciamento in “sotterraneo”, e la configurazione finale con raggiungimento della quota 203,00 m slm a “cielo aperto” e il completamento del tracciamento e parte dell'approfondimento in “sotterraneo”. Le nuove lavorazioni in “sotterraneo” consentiranno di fornire al cantiere due nuove uscite con la duplice funzione di ventilazione, ottenendo la diluizione delle emissioni degli inquinanti all'interno della galleria, e di via di esodo in casi d'emergenza.

Le lavorazioni procederanno come prassi impostando una coltivazione per fette orizzontali a sbassi discendenti, impostando gradoni multipli di circa 6 m, alle quote di progetto 215 m slm, 209 m slm e 203 m slm. Verranno realizzate le opportune modifiche alle rampe interne al cantiere, per garantire il costante accesso ai gradoni in lavorazione, nella completa sicurezza. Le lavorazioni previste per le bancate oggi sepolte, avranno lo scopo di uniformare la quota finale dei piazzali del cantiere inferiore, e fornire una seconda uscita al cantiere sotterraneo. Dalle indagini sui vecchi progetti [Progetto di Coltivazione redatto dal Geom. A. Ricci nel febbraio 2011 e precedenti] e dalle foto storiche, si sono potuti ricostruire l'andamento delle quote e dei profili residui delle lavorazioni passate, questi sono stati riportati nella tavola “Tav.8 - Planimetria attuale” di colore marrone.



Foto dei primi anni 00' con indicate le quote approssimative dei piazzali oggi sepolti.

La porzione cumulo detritico risultante dalle attività di bonifica del cantiere “superiore”, ed ubicato nel cantiere “inferiore”, subirà un intervento di bonifica e messa in sicurezza mediante l'asportazione, rendendo di nuovo fruibile il cantiere attualmente coperto, in modo da garantire la sicurezza e il buon governo del giacimento. L'attuale capacità idraulica, del cumulo detritico che verrà gradualmente allontanato dal sito, verrà ampiamente compensata e garantita (ai sensi dell'art. 31 c.9 delle NTA dei PABE) dagli approfondimenti di quota del cantiere “inferiore”, che formeranno naturalmente una vasca di laminazione, in grado di accumulare temporaneamente le acque meteoriche per poi rilasciarle gradualmente, evitando ondate di piena e sovraccarichi idraulici. Tali misure mirano a garantire la sicurezza idraulica locale e la non aggravabilità del rischio a valle, in coerenza con i criteri del PGRA. Per fronteggiare al rischio idraulico dovuto a possibili eventi di esondazione la cava adotterà procedure di autosicurezza idraulica, eliminando il possibile pericolo per persone e beni. Per le porzioni di ravaneto presenti in cava, saranno previsti interventi di recupero vegetazionale, come meglio descritti nell'apposita relazione “Piano di Risistemazione Ambientale e Paesaggistica dell'area”. Le tempistiche proposte nel progetto consentirebbero il proseguo dell'attività estrattiva per ulteriori 10 anni. Le volumetrie di scavo, descritte di seguito, sono conformi, ed inferiori alle volumetrie sostenibili indicate dai P.A.B.E. per la cava in oggetto.



Vista del cumulo detritico risultante dalle attività di bonifica del cantiere “superiore”, da rimuovere per motivi di sicurezza che del buon governo del giacimento.

Tempistiche, tipologie ed i quantitativi dei materiali da estrarre

Il nuovo Piano di Coltivazione prevede di estrarre complessivamente 338.750 mc di materiale nel periodo di 10 anni di autorizzazione proposti, con la seguente articolazione dei volumi escavati:

- 245.000 mc di volumi commercializzabili che concorrono alla determinazione delle quantità sostenibili e al calcolo della resa;*

- 79.000 mc di volumi di opere di bonifica e messa in sicurezza che non concorrono alle quantità sostenibili e al calcolo della resa; [ai sensi dell'art. 13 c.9 PRC, i lavori programmati nel progetto in valutazione, espressamente prescritti dagli Enti competenti nel vigente atto autorizzativo, sono effettuati in continuità e ai sensi dell'art.39 c.7 delle NTA dei PABE, non concorrono alla quantificazione delle quantità sostenibili; le volumetrie sono determinate in sede di progetto]*

- 12.250 mc di volumi di scopertura ammasso roccioso che non concorrono alle quantità sostenibili e al calcolo della resa; [ai sensi dell'art.13 c.8 PRC, il lavoro di scoperchiatura non supera in termini volumetrici il 5% del volume complessivamente abbattuto ed in termini temporali il 10% della durata dell'intero progetto di coltivazione; tali soglie sono verificate nel procedimento di valutazione di impatto ambientale in raccordo con il PGRE di cui al D.Lgs 117/2008]*

- 2.500 mc di volumi di materiale incoerente già depositato all'interno del sito estrattivo che concorre alle quantità sostenibili e non concorre al calcolo della resa. [ai sensi dell'art.13 c.5 PRC il comune esclude dal calcolo della resa il materiale detritico asportato, funzionale alla lavorazione della cava per la modifica della viabilità e l'apertura di sbassi; i quantitativi sono stati stimati con le modalità previste dal PABE, 37 c. 5, 6 e 7 delle NTA dei PABE]*

Gestione delle acque meteoriche superficiali e delle acque di lavorazione

In merito a questo aspetto si rimanda alle specifiche relazioni tecniche allegate (vedi “Piano di Gestione delle Acque di Lavorazione - Prevenzione e Gestione AMD”). La cava ricade nelle aree individuate con la sigla A3 nelle Tavole del Q.P. dei PABE, definite a vulnerabilità medio-elevata, per tale motivo le attività di coltivazione avverranno a secco o mediante modalità alternative di raffreddamento che prevedono l'utilizzo di modeste quantità di acqua e che salvaguardino, comunque, la qualità della risorsa idrica. Tali modalità alternative di raffreddamento (mediante l'utilizzo di 6 l/min per il solo raffreddamento e abbattimento polveri) hanno superato positivamente la fase sperimentale, e sono in uso da ormai 5 anni. Si prevede di continuare l'abituale procedura di registrazione dei tagli al monte, per verificare possibili correlazioni con le analisi di torbidità della sorgente “Pizzutello”. Inoltre le aree individuate per la riquadratura dei blocchi saranno perfettamente impermeabili e stabilmente cordolate, e l'acqua utilizzata sarà gestita mediante un impianto a ciclo chiuso. “

Si rimanda alle tavole progettuali redatte a cura dell'Ing. Marco Berlinghieri per eventuali approfondimenti.

5. ANALISI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA

Utilizzando la matrice allegata ai PABE del Comune di Carrara, in considerazione delle classi di pericolosità sopraesposte, è stato possibile assegnare le relative classi di fattibilità geologica, idraulica e sismica in funzione delle tipologie di intervento di progetto comunicate dal Progettista Ing. Marco Berlinghieri, come schematizzato nella seguente figura, ricordando di riferirsi ai relativi articoli di legge contenuti nelle NTG dei PABE per l'individuazione delle fattispecie prescrittive in relazione alle classi di fattibilità individuate in questa sede, come indicato di seguito. Si rimanda al Progettista l'analisi delle singole fattispecie e la valutazione degli interventi più idonei al fine di rispettare i disposti normativi contenuti negli articoli di seguito citati, estratti dalle NTG dei PABE del Comune di Carrara.

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità
Progetto di coltivazione Cava n.64 – La Madonna – AGOSTO 2025

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.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. 7 – matrice di fattibilità PABE

FATTIBILITA' GEOLOGICA – NTG PABE

Art. 11. Fattibilità senza particolari limitazioni (F1g)

1. L'attuazione degli interventi previsti non necessita di particolari verifiche oltre quelle minime di legge;
2. Le caratteristiche geologico stratigrafiche a corredo di interventi edilizi diretti, non ricompresi negli "interventi edilizi minori" di cui all'art.1 comma 6, possono essere ricavate da osservazioni di superficie o da indagini in situ comunque conformi al DPGR 36/R del luglio 2009. Per opere edilizie di modesta entità la modellazione geologica, geotecnica e sismica del terreno a livello di progetto, può essere ottenuta per mezzo di notizie verificate con dati provenienti da indagini effettuate in zone limitrofe nel caso in cui appartenenti al medesimo contesto litostratigrafico.

Art. 12. Fattibilità con normali vincoli (F2g)

1. L'attuazione degli interventi previsti è subordinata alla effettuazione, a livello definitivo/esecutivo, dei normali studi geologico tecnici previsti dalla normativa vigente in materia, in particolare le NTC di cui al D.M. 17/1/18 e il DPGR n° 36/R/2009 per quanto riguarda gli interventi edilizi e la LR 35/2015 e s.m.i. secondo le disposizioni contenute nel DPGR n° 72/R/2015 per quanto riguarda l'attività estrattiva;
2. I contenuti e gli elaborati minimi degli studi geologici, idrogeologici e geotecnici dovranno essere i seguenti:
Elaborati comuni per interventi edilizi e attività estrattiva
 - a) analisi sulla regimazione delle acque superficiali, descrizione delle opere esistenti di tipo superficiale e/o profondo, con l'indicazione della gestione delle acque meteoriche con modalità che non producano effetti di erosione e dissesto oltre che fenomeni di contaminazione e/o alterazione dell'acquifero carsico;
 - b) verifiche di stabilità globale per eventuali sbancamenti di dimensioni significative ed indicazione della tipologia delle opere di sostegno necessarie;
 - c) che l'intervento previsto non deve modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area;
 - d) che l'intervento non costituisca una problematica dal punto di vista geotecnico per eventuali edifici e/o strutture limitrofe;*Elaborati esclusivi per interventi edilizi*
 - e) indagini geognostiche di dettaglio realizzate all'interno del sito oggetto di intervento, finalizzate alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione (l'approfondimento di indagine di tipo geologico geotecnico è richiesto soltanto a supporto dell'intervento che prevede variazioni dei carichi sul terreno e/o modificazioni morfologiche del suolo).
 - f) definizione dettagliata dei parametri geotecnici, delle caratteristiche della falda e della sua oscillazione stagionale;
3. La fattibilità con normali vincoli F2g si applica anche ad eventuali interventi ricadenti nelle aree G.3l (aree caratterizzate da un grado di pericolosità medio elevato per caratteristiche geotecniche) ricadenti all'interno del perimetro dei PABE.

Art. 13. Fattibilità condizionata (F3.2g)

1. Le aree di ambito collinare e montano caratterizzate da un grado di pericolosità medio elevato di tipo G.3a così come evidenziato nella Carta della Pericolosità geologica, vedi elaborati G5.1 e G5.2 di cui all'art.2, presentano elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto. In queste aree, in cui non sono evidenti dinamiche geomorfologiche in atto o quiescenti, è necessario tenere conto prioritariamente del rapporto tra depositi superficiali e substrati rocciosi, ai fini di una corretta impostazione degli interventi previsti, e svolgere un attenta e capillare analisi della regimazione delle acque superficiali e profonde tale da prevenire potenziali dissesti;

2. Nelle suddette aree l'attuazione degli interventi previsti, sia di tipo edilizio che inerente l'attività estrattiva, è subordinata all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici i cui contenuti ed elaborati minimi, oltre a quanto in generale prescritto per la classe F2g di cui al comma 2, dovranno essere i seguenti:

Elaborati comuni per interventi edilizi e attività estrattiva

- a) carta geologica e geomorfologica di dettaglio in scala uguale o maggiore di 1: 2.000;
- b) la carta geomorfologica, derivante da rilevamento ex-novo e in scala uguale o maggiore di 1: 2.000, dovrà interessare, oltre al sito oggetto di studio, anche un suo intorno geologico/geomorfologico significativo in modo da consentire l'individuazione di eventuali locali punti di dissesto anche potenziale, con particolare considerazione per la zona a monte dell'opera in progetto. La descrizione dei singoli elementi geomorfologici è condotta utilizzando, preferenzialmente, la legenda contenuta nella Carta Geomorfologica di cui all'art. 2, già concordata con gli uffici regionali preposti al controllo. E' consentito utilizzare stralcio della carta geomorfologica del PS (vedi elaborati G3.1 e G3.2 di cui all'art.2) unicamente nei casi in cui il geologo libero professionista non riscontri alcuna difformità rispetto a quanto riscontrato sui luoghi al momento dell'espletamento delle indagini geognostiche. In caso di coincidenza con il quadro conoscitivo di PS, il professionista dovrà darne atto all'interno della relazione geologica;
- c) sezione/i quotate che mostrino con precisione il rapporto tra morfologia attuale e morfologia di progetto;
- d) verifiche di stabilità globale del versante in condizioni sismiche, attuali e di progetto sia per l'edificio oggetto di intervento che per eventuali sbancamenti o riporti (in aree estrattive) da condursi in numero ed estensione in relazione al fine dell'indagine svolta; nelle suddette verifiche dovrà essere valutata la possibilità di saturazione delle coperture detritiche superficiali in caso di forti piogge;
- e) la valutazione della circolazione idrica nelle coperture, al contatto con la roccia ed, eventualmente all'interno di questa e l'indicazione di soluzioni per la eliminazione locale delle acque drenate con modalità che non producano effetti di erosione e dissesto;
- f) la verifica della assenza di rischi, in precedenza non evidenziati, di crolli rocciosi locali che possano interessare le aree di intervento/trasformazione;
- g) valutazioni in merito all'assetto idrogeologico, alla presenza di scorrimenti d'acque superficiali, sotterranee, di natura sorgiva e relative interferenze;
- h) verifica di compatibilità di eventuali dispersioni e/o immissioni di acque (o reflui) su suolo e sottosuolo con particolare riferimento alle acque scaricate dalle falde dei tetti e/o tettoie.

Elaborati esclusivi per interventi edilizi

- i) l'esplorazione diretta e/o con prove indirette del rapporto roccia coperture, in termini di spessori, caratteri litotecnici, caratteri delle superfici di contatto e del tipo di stratificazione della roccia;
- l) la stima della stabilità della situazione precedente l'intervento e del sistema terreno struttura tenuto conto delle condizioni locali e delle disomogeneità del materiale di fondazione (roccia/terreno);
- m) indicazioni, per quanto riguarda gli interventi edilizi, sulle possibili tipologie di fondazione (ordinarie o speciali) da adottare e sulla necessità di realizzare opere di contenimento o di messa in sicurezza;

FATTIBILITA' IDRAULICA – NTG PABE

Art. 16. Fattibilità senza particolari limitazioni (F1i)

1. L'attuazione degli interventi previsti non necessita di alcun accorgimento di carattere idraulico.

Art. 17. Fattibilità con normali vincoli (F2i)

1. Per gli interventi edilizi e per le nuove infrastrutture ricadenti nelle aree soggette a inondazioni con tempi di ritorno superiori a 200 anni (Pericolosità I.2) è richiesta una indagine di approfondimento, anche soltanto qualitativa, in termini di raccolta di dati e notizie in cui vengano indicati i necessari accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare un aggravio di pericolosità in altre aree;

Art. 18. Fattibilità condizionata (F3i)

1. L'attuazione degli interventi sul patrimonio edilizio esistente ricadenti nella suddetta classe, fatti salvi i condizionamenti e le limitazioni contenute nella Disciplina della Pericolosità idraulica descritta nelle presenti norme, è subordinata all'esito di uno studio tecnico-idraulico, redatto da tecnico abilitato, i cui contenuti e gli elaborati minimi dovranno essere:
 - a) localizzazione dell'intervento rispetto alla Carta della pericolosità idraulica di corredo al PS;
 - b) inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area anche riferito a studi esistenti (cartografia del Piano Strutturale);
 - c) descrizione dell'intervento con particolare riferimento ad eventuali criticità (vulnerabilità delle strutture previste ecc...);
 - d) disamina generale delle problematiche idrauliche con particolare riferimento al corpo idrico superficiale da cui proviene la pericolosità idraulica e alla natura dell'evento atteso;
 - e) sezioni e prospetti del progetto architettonico dello stato attuale e di progetto con visualizzata la quota del battente idraulico stimato;
 - f) stima del battente idraulico di riferimento all'interno del lotto considerato e velocità massima prevista;
 - g) per il reticolo idraulico minuto, non ricompreso all'interno dello studio idrologico-idraulico di PS, dovranno essere formulate specifiche valutazioni in merito alla capacità di attenuare i battenti idraulici attesi per il sito oggetto di studio;
 - h) descrizione dettagliata degli eventuali interventi di compensazione idraulica adottati e degli accorgimenti tecnico-costruttivi, intrapresi al fine di diminuire la vulnerabilità della/e opere in progetto nei confronti dell'evento atteso, documentando il non aumento del rischio nelle aree circostanti;
 - i) dichiarazione della compatibilità degli interventi prescritti con la situazione di pericolosità riscontrata;
2. L'approfondimento dello studio tecnico-idraulico di cui al comma 1 sarà ragionevolmente commisurato alle dimensioni e alla tipologia dell'intervento previsto.

FATTIBILITA' SISMICA – NTG PABE

Art. 20. Fattibilità senza particolari limitazioni (F1s)

1. L'attuazione degli interventi previsti nelle aree a pericolosità S.1 non necessita di particolari verifiche oltre quelle minime di legge;

Art. 21. Fattibilità con normali vincoli (F2s)

1. L'attuazione degli interventi nelle aree a pericolosità sismica media (S.2) è subordinata alla effettuazione, a livello esecutivo, dei normali studi geologico - tecnici previsti dalla normativa vigente in materia, in particolare le NTC di cui al D.M. 17/1/18 e il DPGR n° 36/R/2009 per quanto riguarda gli interventi edilizi e la LR 35/2015 e s.m.i. secondo le disposizioni contenute nel DPGR n° 72/R/2015 per quanto riguarda l'attività estrattiva;

Art. 22. Fattibilità condizionata (F3s)

1. L'attuazione degli interventi nelle aree a pericolosità sismica elevata (S.3), sia interventi edilizi sul patrimonio edilizio esistente che interventi connessi all'attività estrattiva, deve essere supportata sia in sede di predisposizione dei piani di coltivazione che degli interventi edilizi diretti, oltre che dalle indagini previste dal D.M. 17/1/18 e dal DPGR.n.36/R/09, da specifiche indagini geognostiche e geofisiche secondo le situazioni seguenti:

Elaborati comuni per interventi edilizi e attività estrattiva

- a) nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geologica di cui al comma 2 dell' art. 13 delle presenti NTG, le indagini specifiche conterranno le verifiche di sicurezza e la corretta definizione dell'azione sismica al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo;
- b) in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è da realizzare una campagna di indagini geofisiche di superficie, opportunamente tarata mediante indagini geognostiche dirette, che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi posti a contatto al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica;
- c) nelle zone suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura detritica e substrato rigido entro una profondità compresa tra 5 e 80 metri, è realizzata una campagna di indagini geofisica (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione e prove sismiche in foro) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico;
- d) nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo (sismica a rifrazione/riflessione) orientate in direzione del maggior approfondimento del substrato geologico e/o sismico;

Elaborati esclusivi per interventi edilizi

- e) nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono da realizzare adeguate indagini geognostiche e geotecniche basate su sondaggi e analisi di campioni di terreno finalizzate alle verifiche dei cedimenti. Nel caso di opere di particolare importanza quali gli edifici e le opere infrastrutturali di interesse strategico e rilevante di cui all'allegato A del DPGR.n.36/R/09 saranno da privilegiare prove di laboratorio volte alla caratterizzazione dinamica in condizioni prossime alla rottura (prove triassiali cicliche di liquefazione o altre prove non standard), atte all'effettuazione di analisi dinamiche.

6. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA DI STUDIO

6.1. Geomorfologia

Il paesaggio è quello tipico dei bacini marmiferi apuani, modellato da una secolare attività estrattiva. Il susseguirsi, quasi ininterrotto, di cave, con i loro fronti residui denominati tecchie, e ravaneti, corpi detritici di origine antropica, è la peculiarità di questo paesaggio.

La vegetazione è perlopiù assente, o limitata allo sviluppo di erbe ed arbusti nelle zone dove presente il detrito, in quanto l'elevata permeabilità degli ammassi rocciosi carbonatici presenti nella zona e l'elevata pendenza dei versanti rendono improbabile la formazione di un suolo su cui si possa sviluppare una vegetazione rigogliosa. Solamente alcune aree nella porzione Nord orientale dell'area in disponibilità risulta caratterizzata dalla presenza di aree boscate che si estendono verso la vicina cava dismessa denominata Mandria.

L'area di studio afferente alla cava n.64 La Madonna è ubicata sul versante occidentale del complesso apuano, e si colloca all'interno dei bacini marmiferi del carrarese, nello specifico, come già detto, nel bacino di Torano. La cava in oggetto, inquadrabile come complesso di cantieri disposti a mezza costa che si estendono fino al fondovalle locale, risulta ubicata in zona acclive collocata sul versante meridionale del rilievo di Crestola. Verso Nord si estende il fondovalle inciso dal Canale di Torano, verso Sud è visibile il versante occidentale del Monte Betogli e verso Ovest il fondovalle si estende verso la vicina frazione di Torano e infine la città di Carrara. L'unità estrattiva, come già accennato, è articolata su due cantieri, poco distanti e a quote relativamente differenti fra loro. Le aree scavate risultano in continuità con 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, per cui non vi sono rischi di movimenti gravitativi generalizzati. Di seguito in **Fig.8** 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 risulta caratterizzata dalla presenza di area scavata e ravaneti, in assenza di corpi di colata da trasporto in massa di detrito. Si rimanda anche alla Tav. G.1 allegata alla documentazione progettuale per eventuali approfondimenti.

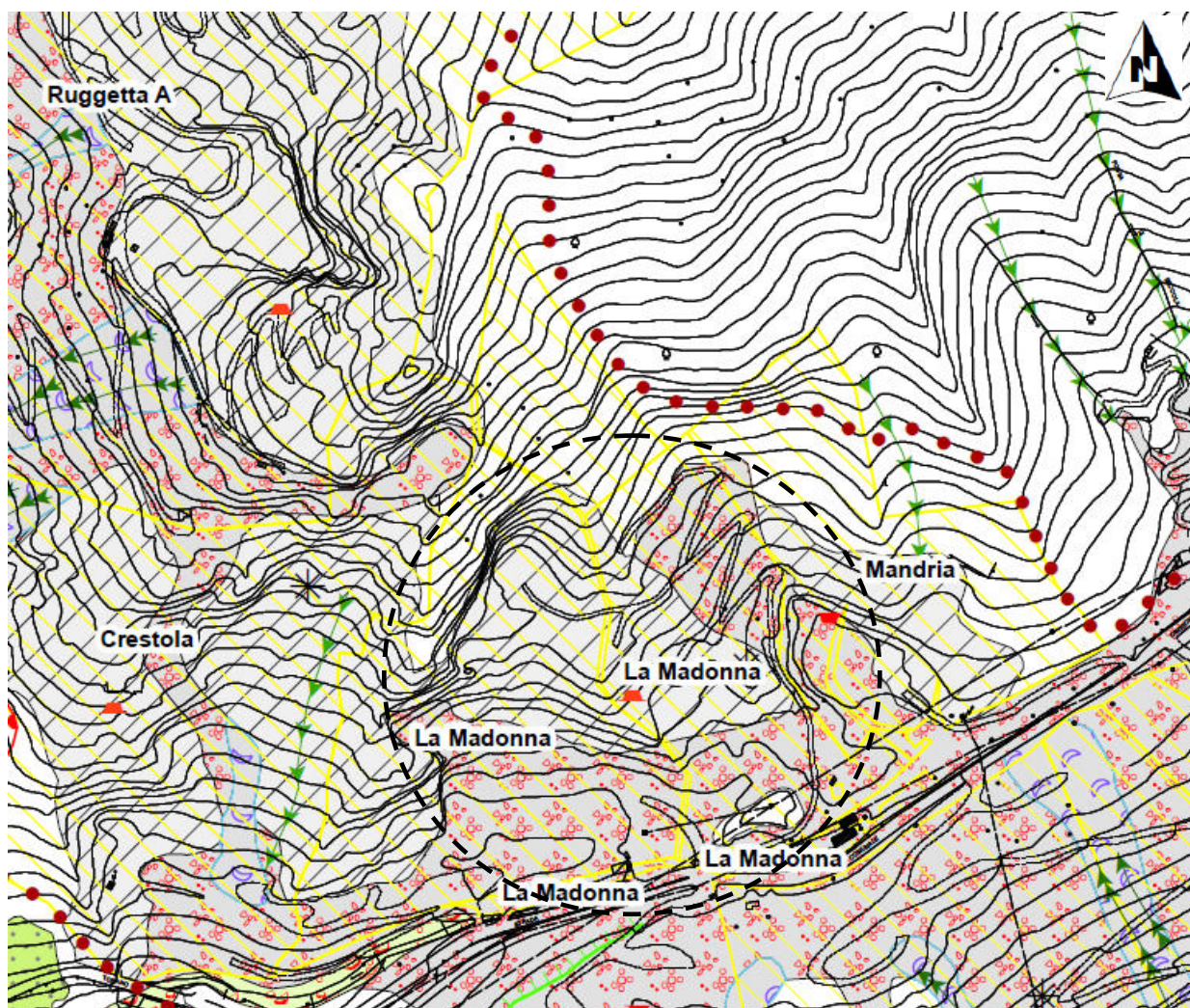


Fig. 8 – stralcio della Carta geomorfologica G3.1 (Tav. Nord)
allegata ai PABE. Scala Arbitraria.



Forme di accumulo e relativi depositi



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.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI



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 fondovalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc....) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.

FORME FLUVIALI, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI



Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo attivo (a), inattivo (b) e documentato su base morfologica e/o storica (c)



Canale di debris flow



Tratti di corsi d'acqua e impluvi interessati e/o soggetti a fenomeni di sovralluvionamento (dis)



Ruscellamento diffuso



Ruscellamento e/o erosione concentrata

Aree soggette a fenomeni di erosione lineare o incanalata lungo impluvi o versanti ad acclività medio-alta spesso associate a solchi di erosione.

6.2. Geologia

Le formazioni litoidi affioranti nella zona di intervento appartengono tutte alla serie toscana metamorfica e sono caratterizzate come segue:

UNITA' TOSCANA METAMORFICHE



CLF

CALCARI 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.



MRZ

MARMO ZEBRINO

Marmi bianchi e color avorio con sottili livelli di marmi a muscovite e, più raramente, di calcescisti grigio-verdastri; localmente livelli di filladi carbonatiche.
Lias inf. (-medio?)



MAA

MARMI

Marmi bianchi, grigi e color avorio 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.

In particolare, nell'area di cava affiorano rocce riferibili alle formazioni dei marmi e del marmo zebrino, mentre ai limiti nord orientali dell'area in disponibilità è presente la formazione del calcare selcifero dove si evidenzia una maggiore acclività del pendio e una maggiore presenza di vegetazione arborea. La disposizione superficiale delle formazioni è rappresentata nella figura successiva (**Fig. 9**) e nella Tav.G.2A allegata al progetto. Inoltre la Tav.G.2B raffigura alcune sezioni geologiche ricostruite per l'area di cava.



Regione Toscana



Regione Toscana - DB Geologico

Carta Geologica

Scala 1 : 10.000

1.589.431

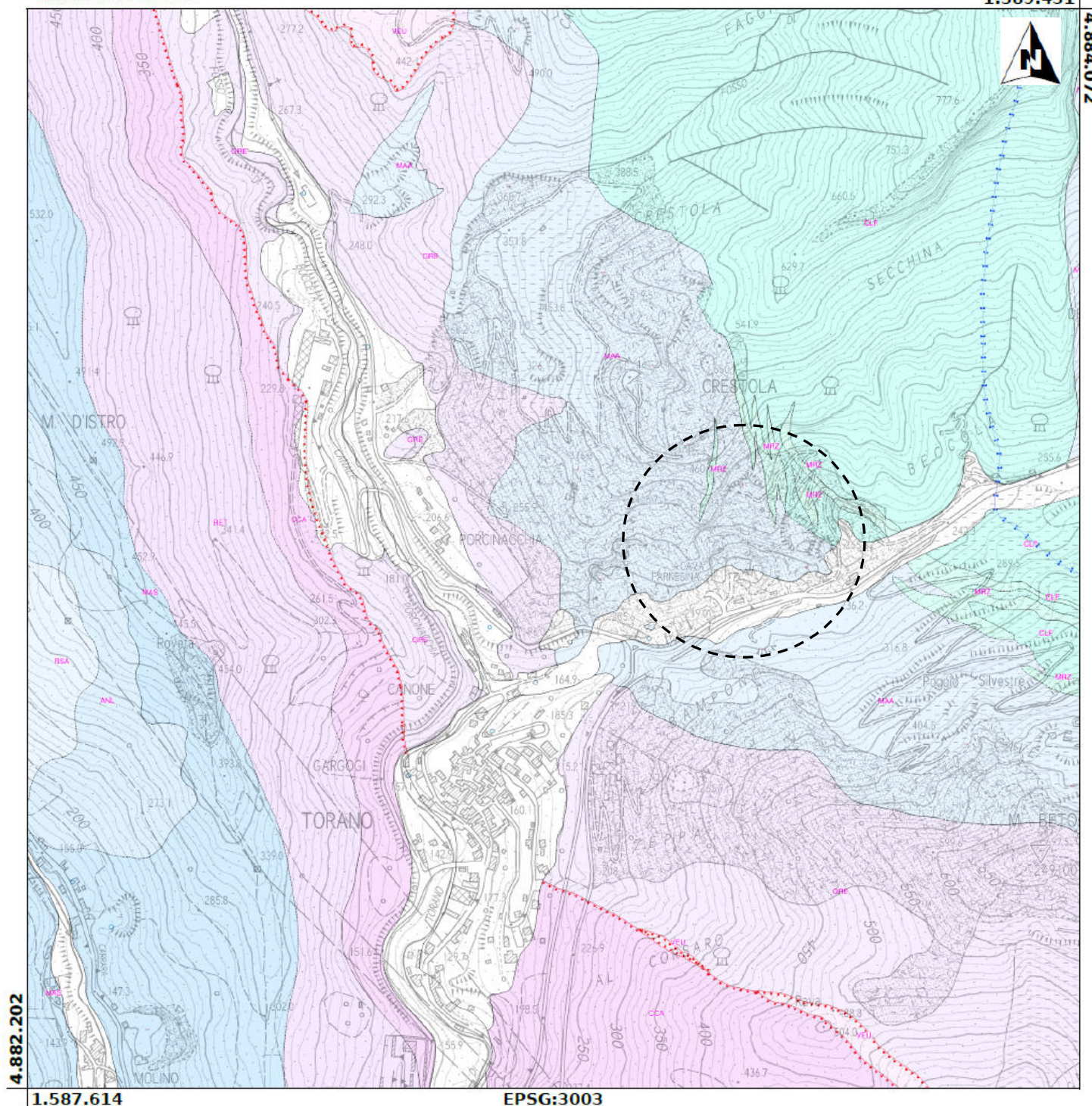


Fig. 9 – carta geologica, geomorfologica, idrogeologica (stralcio CARG). Scala 1:10.000

LEGENDA:

CTR 1:10.000 black

Cava o miniera

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

Risorsa idrica

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

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 - incerto
-  faglia diretta - certo
-  faglia diretta - fittizio
-  faglia diretta - sepolto
-  sovrascorrimento principale - certo

Legenda

-  sovrascorrimento principale - sepolto

Struttura plicativa

-  traccia di superficie assiale di sinclinale - non applicabile/non classificabile

Unità geologica lineare

Affioramento areale

Processo geologico particolare

Etichette di Unità geologica areale



Unità geologica areale

-  ANL - Calcari ad angulati LIAS
-  CCA - Calcare cavernoso TRIASSICO SUPERIORE
-  CLF - Metacalcari selciferi LIAS MEDIO - LIAS SUPERIORE
-  DSD - Diaspri MALM p.p.
-  GRE - Grezzoni NORICO
-  MAA - Marmi LIAS INFERIORE
-  MAC - Macigno OLIGOCENE SUPERIORE - MIOCENE INFERIORE
-  MAS - Calcare Massiccio LIAS INFERIORE
-  MRZ - Marmo zebrino LIAS INFERIORE - LIAS MEDIO ?
-  POD - Marne a Posidonomya LIAS SUPERIORE - DOGGER p.p.
-  RET - Calcari a Rhaetavicula Contorta RETICO
-  RSA - Rosso Ammonitico LIAS INFERIORE - LIAS MEDIO
-  STO - Scaglia Toscana CRETACICO INFERIORE ? - PALEOGENE
-  VEU - Formazione della Verruca LADINICO - CARNICO

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 tettonici (vedi sovrascorrimento della Falda Toscana sul Complesso Metamorfico Apuano) che producessero 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 transpressive, 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 riattivando le faglie preesistenti, però con movimento contrario (faglie dirette e faglie transtensive). Si originarono infine multiple fasi fragili che determinarono la formazione di fratture ad alto angolo disposte organizzate secondo differenti sistemi di orientazione. Queste ultime, nel comparto apuano, quando presenti vengono sfruttate per l'isolamento delle bancate e dei blocchi di marmo.

Più nello specifico, l'area di intervento è ubicata sul fianco rovescio della sinclinale di Carrara che vede la presenza del piano assiale principale poco ad Est, in corrispondenza dei calcari selciferi. 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 60°. Oltre ai 3 sistemi di frattura principali che nell'accezione locale vengono chiamati verso, contro e secondo, si individuano fratture appartenenti a sistemi secondari.

Per l'individuazione delle caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche che caratterizzano gli ammassi rocciosi locali si rimanda al capitolo 8.

6.3. Giacimentologia

Seguendo la carta delle Varietà merceologiche di Meccheri et Al. e sulla base delle osservazioni condotte direttamente dallo scrivente (che confermano quanto riportato nella suddetta cartografia tematica di dettaglio) nella zona si osservano diverse varietà merceologiche di marmo tra cui alcune di pregio. In particolare affiorano: il venato, lo statuario/statuario venato, l'arabescato, il calacatta e lo zebrino (vedi **Figg.10 e 11** di seguito):

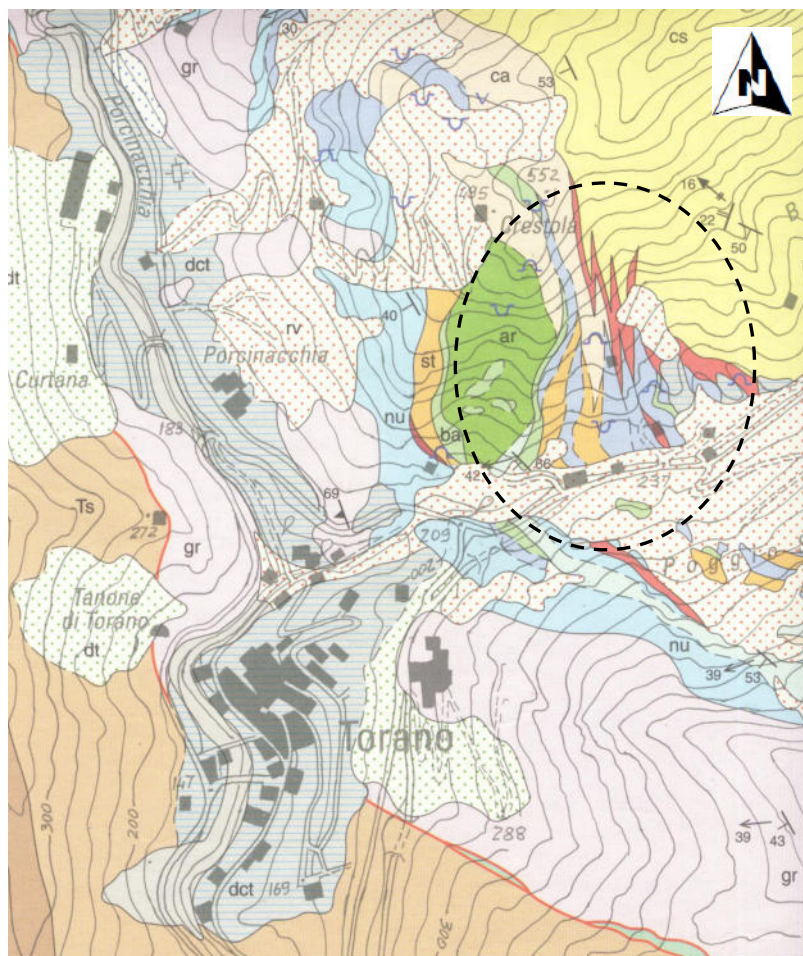
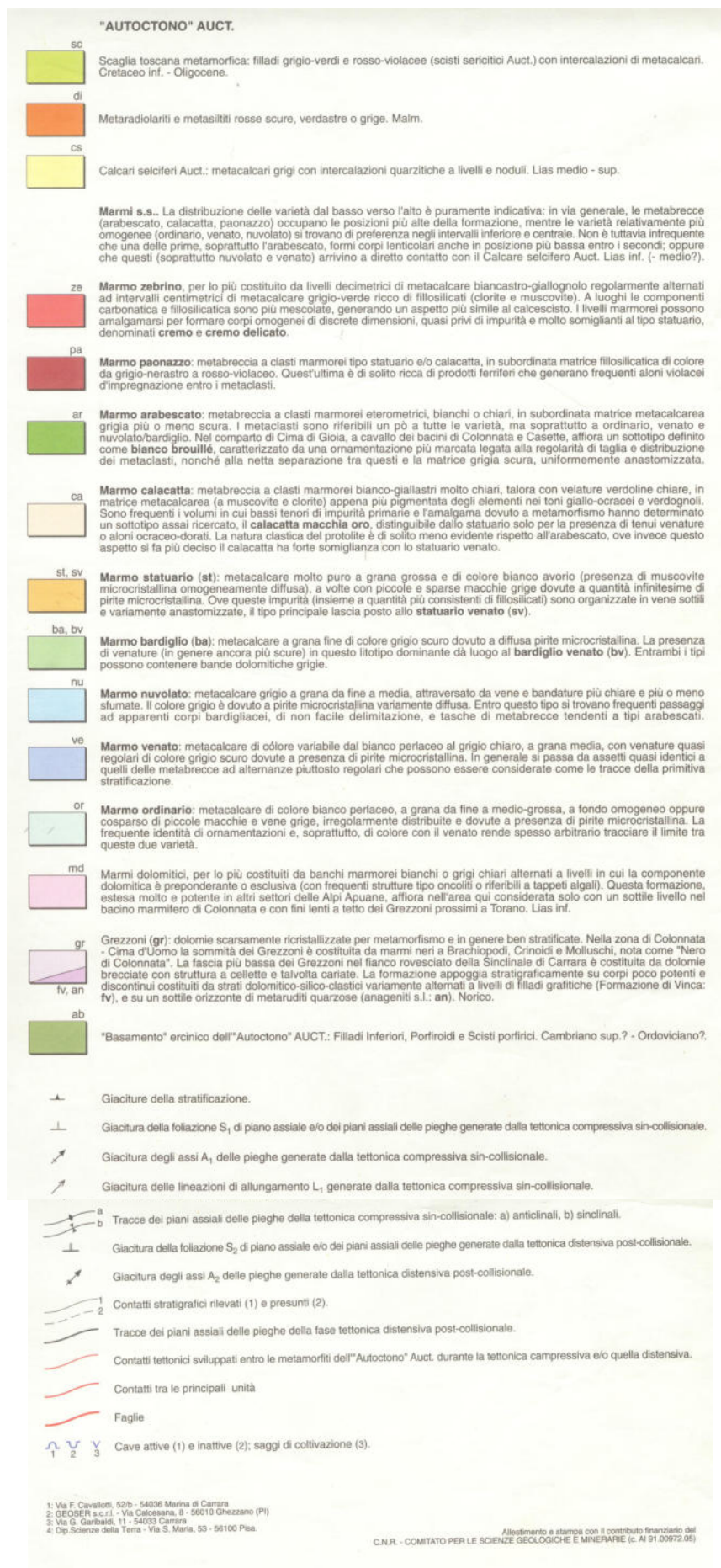


Fig. 10 – carta delle varietà merceologiche. (da Meccheri et Al.) Scala 1:10.000

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità Progetto di coltivazione Cava n.64 – La Madonna – AGOSTO 2025



PIT/PPR: INVARIANTE I

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

Cava
64

Legenda

Pietre Ornamentali

- ca - marmo calacatta
- gr - marmo grigio
- or - marmo ordinario
- st - marmo statuario
- ve - marmo venato
- zb - marmo zebrino

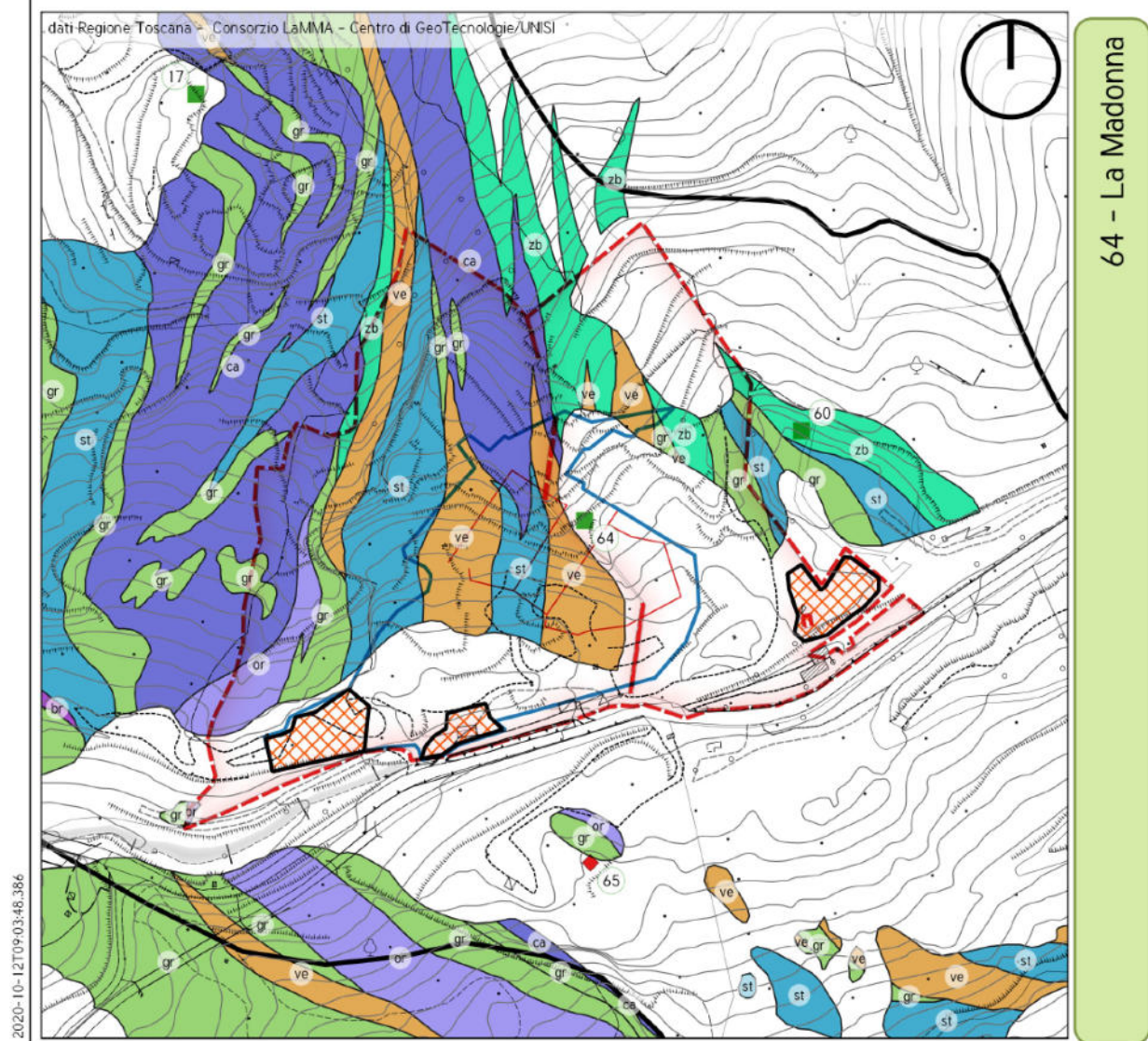


Fig. 11 – carta delle varietà merceologiche (da PABE Comune di Carrara). Scala arbitraria

Il marmo venato (ve) è costituito da metacalcari di colore variabile dal bianco perlaceo al grigio chiaro, a grana media, con venature quasi regolari di colore grigio scuro dovute a presenza di pirite microcristallina.

Il marmo statuario (st) risulta caratterizzato da metacalcari molto puri a grana grossa e di colore bianco avorio a volte con piccole e sparse macchie grige dovute a quantità infinitesime di pirite microcristallina. Ove queste impurità sono organizzate in vene sottili e variamente anastomizzate, il tipo principale lascia il posto allo Statuario venato (sv)

Nel loro complesso, le condizioni giacimentologiche sono tali da permettere uno sviluppo razionale e produttivo della coltivazione.

Il marmo calacatta è costituito da metabrecce a clasti marmorei bianco-giallastri molto chiari, talora con velature verdoline chiare in matrice meta calcarea appena più pigmentata degli elementi nei toni giallo-ocracei e verdognoli. La natura classica del protolite è di solito meno evidente rispetto all'arabescato, ove invece questo aspetto si fa più deciso il calacatta ha forte somiglianza con lo statuario venato.

Il marmo arabescato è una meta breccia a clasti marmorei etero metrici, bianchi o chiari, in subordinata matrice meta calcarea grigia più o meno scura. I metaclasti sono riferibili un po' a tutte le varietà , ma soprattutto a ordinario, venato e nuvolato/bardiglio.

Il marmo zebrino è per lo più costituito da livelli decimetrici di metacalcare biancastro-giallognolo regolarmente alternati ad intervalli centimetrici di metacalcare grigio-verde ricco di fillosilicati. A luoghi le componenti carbonatica e fillosilicatica sono più mescolate, generando un aspetto più simile al calcescisto.

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.

Nelle seguenti fotografie sono osservabili le principali caratteristiche merceologiche presenti nell'area di intervento.



6.4. Idrografia e idrogeologia

In generale, l'intorno significativo rispetto all'area di intervento è caratterizzato da un'alta energia del rilievo con versanti che dai fondovalle si elevano rapidamente, in poco più di 5 Km, fino a raggiungere quote superiori ai 1700 (Monte Sagro, 1753 m s.l.m.). Lungo i versanti, i corsi d'acqua superficiali sono pressoché assenti, se non in occasione di forti precipitazioni: la natura carbonatica delle rocce affioranti favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, a scapito del ruscellamento superficiale, che scaturiscono in seguito presso i fondovalle a quote comprese tra i 155 e i 255 m s.l.m..

L'idrografia locale, quindi, risulta scarsamente rappresentata in conseguenza dell'elevata permeabilità per fessurazione e carsismo degli ammassi rocciosi presenti nella zona. Si osserva scorrimento superficiale delle acque meteoriche limitatamente nelle incisioni di fondovalle e solamente per brevi periodi durante l'anno. In particolare, nelle vicinanze del sito di intervento è presente il Fosso di Torano che scorre incanalato tra la strada comunale e il sito estrattivo di intervento. Quest'ultimo si trova, quindi, in destra idrografica dell'incisione suddetta, all'interno della quale si osserva scorrimento idrico solamente in concomitanza a eventi pluviometrici di notevole entità e/o a periodi particolarmente piovosi, vedi ottobre/dicembre e marzo/aprile.

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

- Classe I - Terreni costituita da depositi alluvionali, coperture detritiche eluvio-colluviali e ravaneti caratterizzati da alta permeabilità primaria per porosità
- Classe II - Rocce marmoree a alta permeabilità secondaria per fratturazione e localmente per carsismo

Per quanto riguarda i terreni appartenenti alla classe I, è stato possibile valutare un coefficiente di permeabilità compreso tra 1 m/sec e 10^{-3} m/sec, mentre per quanto riguarda gli affioramenti rocciosi, i marmi (**m**) possono essere molto permeabili per fratturazione e carsismo con coefficiente di permeabilità medio di circa 10^{-1} m/sec e singoli coefficienti di permeabilità, lungo le discontinuità appartenenti ai vari sistemi di frattura presenti nella zona, compresi tra circa 10^{-1} m/sec e 10^{-4} m/sec, come indicato nello studio idrogeologico di dettaglio condotti dal Geologo Andrei Roberto nell'anno 2013.

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.

A partire dai primi anni 2000, nei bacini marmiferi del carrarese, sono stati condotti specifici studi a livello idrogeologico commissionati da vari enti, che hanno messo in evidenza, mediante l'immissione di spore di *Lycopodium Clavatum* all'interno di fratture particolarmente persistenti direttamente all'interno di varie cave, eventuali connessioni tra le aree studiate e le sorgenti limitrofe. Il circuito idrogeologico sopradescritto, come riconosciuto da vari studi, esplica il suo tragitto dapprima in maniera verticale attraverso piani di discontinuità particolarmente persistenti per poi indirizzarsi verso le sorgenti compiendo un tragitto prevalentemente orizzontale.

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.

L'assetto geologico-strutturale e la conformazione dell'area di alimentazione fanno sì che il sistema idrogeologico di Carrara possa essere suddiviso in diversi sottosistemi distinti, ma in continuità idrogeologica a causa dell'anisotropia e della discontinuità, tipiche degli acquiferi carsici (Doveri, 2005). Il limite meridionale del sistema idrogeologico di Carrara è costituito da una soglia di permeabilità, definita dai complessi a bassa permeabilità dell'Unità di Massa, lungo la quale si hanno le principali sorgenti (Sotto-sistema di Torano e Gruppo delle Canale).

Come visibile nella **Fig.12**, il sistema idrogeologico di Carrara risulta composto dai sotto-sistemi Carbonera-Tana dei Tufi, Gorgoglio-Pizzutello, Canale e Pero Superiore (Doveri, 2005):

- il sotto-sistema Carbonera-Tana dei Tufi, le cui sorgenti principali sono Carbonera ($Q_{media}=50$ l/s), e Tana dei Tufi ($Q_{media}=60$ l/s);

- il sotto-sistema Gorgoglio-Pizzutello, in cui vengono individuati come principali recapiti le sorgenti Gorgoglio ($Q_{media}=40$ l/s), Pizzutello ($Q_{media}=30$ l/s) e Sponda ($Q_{media}=45$ l/s);
- il sotto-sistema Principale delle Canale, drenato dalle due sorgenti Ratto Superiore e Ratto Inferiore ($Q_{media}=180$ l/s di entrambe le sorgenti) e dalle sorgenti Pero Inferiore ($Q_{media}=40$ l/s), Polla della Martana ($Q_{media}=40$ l/s), Ospedale sup. ($Q_{media}=10$ l/s) e Ravenna ($Q_{media}=10$ l/s);
- il sotto-sistema Pero Superiore, la cui sorgente principale è la sorgente Pero Superiore.

La zona oggetto di intervento risulta inserita nel sotto-sistema Gorgoglio-Pizzutello, con principale recapito delle acque di infiltrazione verso le sorgenti Gorgoglio e Pizzutello, entrambe sfruttate ai fini acquedottistici e caratterizzate dalle seguenti quote (da Tesi di Laurea di Giacomo Battisti, A.A. 2000/2001):

Nome della sorgente	Quota (m. s.l.m.)
S. Gorgoglio	170
S. Pizzutello	166

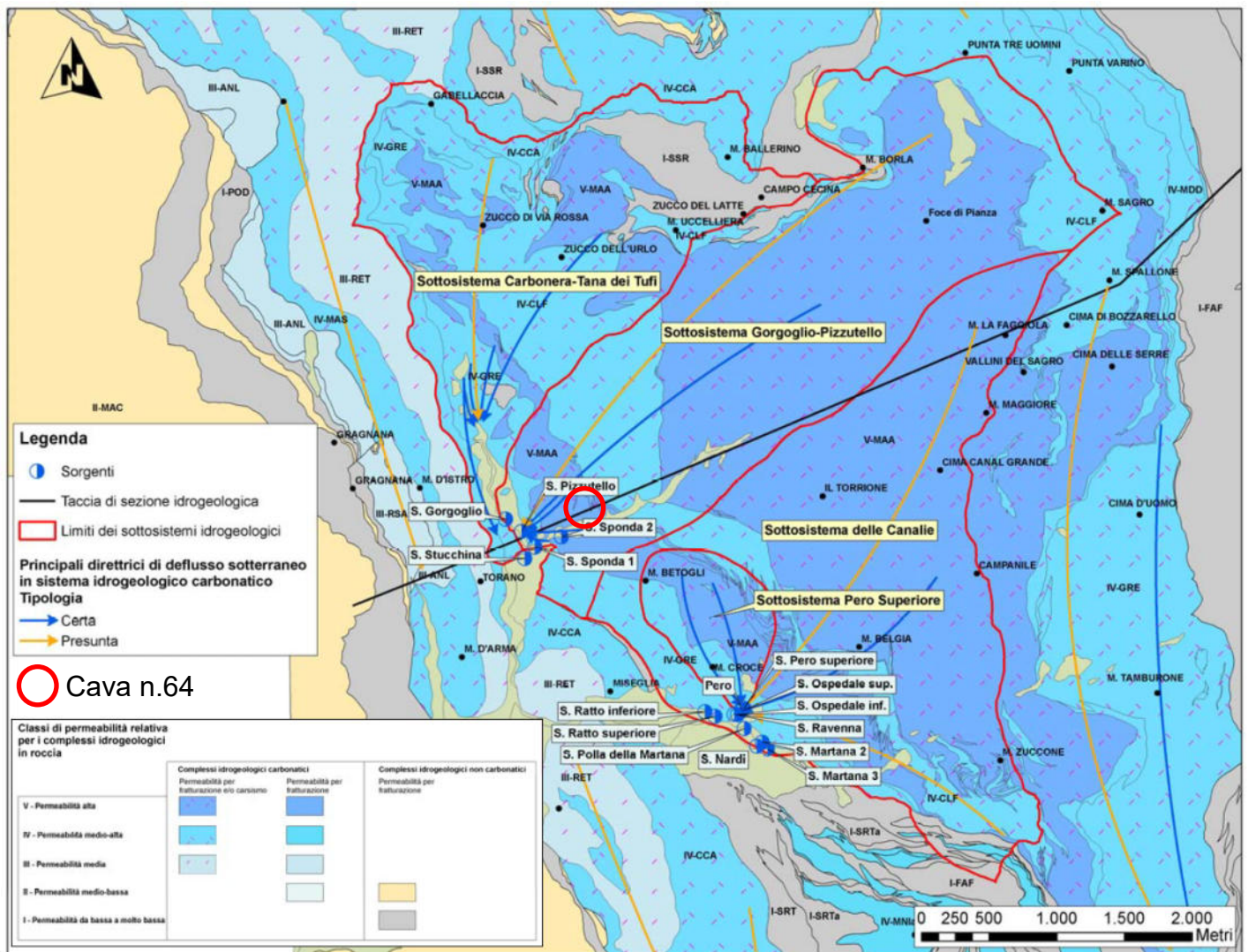


Fig. 12 - Inquadramento idrogeologico dell'area di studio (da CGT/Università Siena)

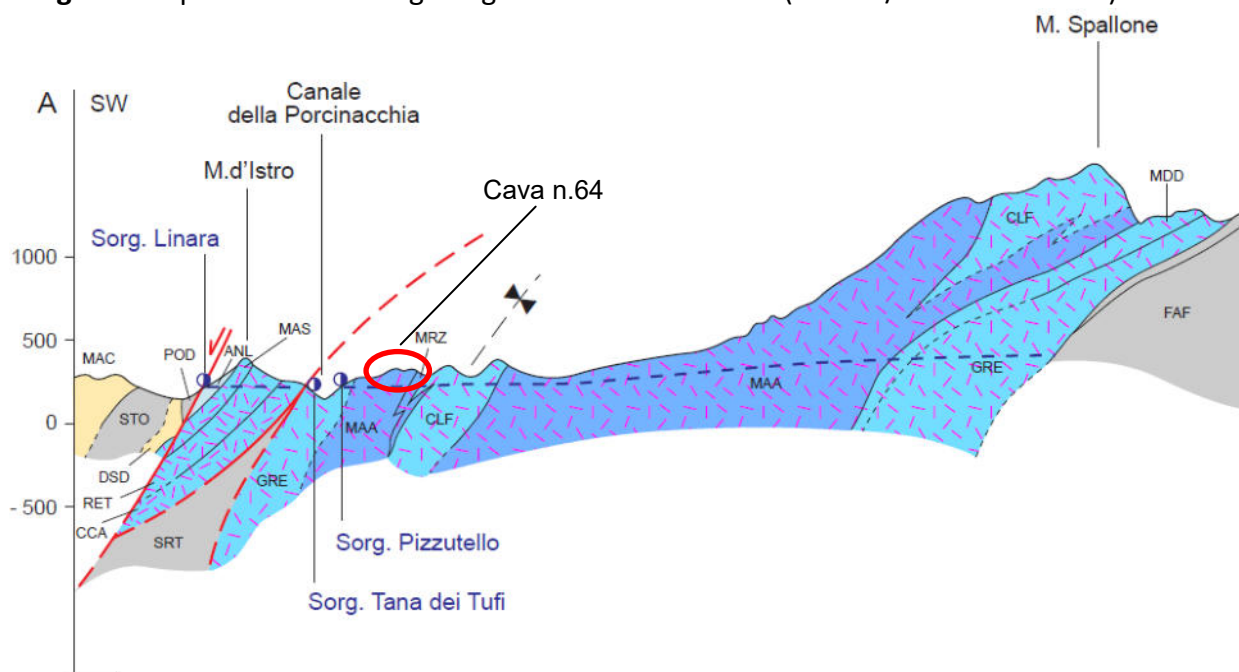


Fig. 13 - Traccia di sezione idrogeologica dell'area di studio (da CGT/Università Siena)

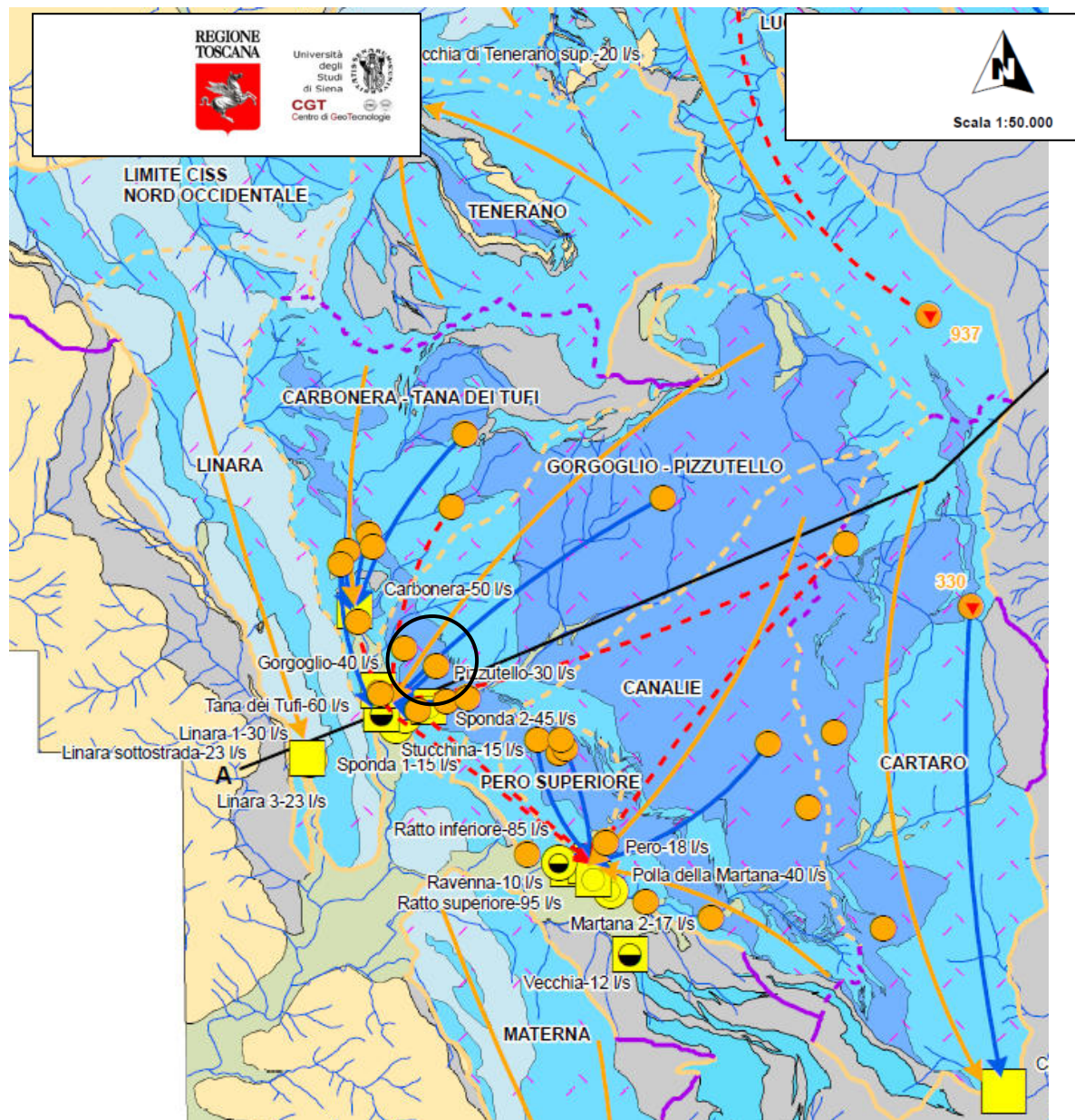
Dall'osservazione della sezione sopraripportata in **Fig.13**, estratta dallo “Studio Idrogeologico Prototipale del Corpo Idrico Significativo dell’Acquifero Carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d’Oltre Serchio e S.Maria del Giudice”, elaborato dal CGT/Università Siena, risulta che la zona oggetto di interventi è ubicata a circa 400 m di distanza verso ENE rispetto alla sorgente del Pizzutello e ad una quota superiore alla superficie piezometrica dell’acquifero relativo al sottosistema Gorgoglio- Pizzutello. In particolare, si desume che tale superficie, nel sottosuolo al di sotto della cava n.64, risulti a bassissimo gradiente e stazioni ad una quota compresa tra 180 e 190 m s.l.m.. Precedenti studi idrogeologici condotti nel 2013 dal Geologo Andrei Roberto su incarico della società che gestisce la cava n.64, mettono in evidenza, per l’area di intervento, una quota della piezometrica di circa 180 m s.l.m..

Prevedendo il nuovo progetto, oltre allo sviluppo di un sotterraneo con quota di base a circa 221,80 m s.l.m., anche un approfondimento delle lavorazioni nel piazzale di base dalla quota attuale di circa 215,00 m s.l.m. alla quota di progetto di circa 202,50 m s.l.m., si può intuire che con i nuovi lavori non dovrebbe essere intercettata la superficie piezometrica indicata in precedenza. Ad ogni modo, al fine di tutelare la risorsa idrica, la Cave di Sponda S.r.l. si impegna a mantenere in essere tutte le procedure di sicurezza ambientale fino ad oggi adottate e concordate con i vari enti preposti al controllo. Tali accorgimenti, consistenti nella limitazione dei tagli ad acqua, nella pulizia dei piazzali e nella corretta gestione delle AMD sono stati approntati in seguito a specifici studi idrogeologici e prove di taglio effettuati in passato dalla ditta che hanno messo in evidenza la possibilità di una connessione tra le acque meteoriche e di lavorazione della cava n.64 e la superficie piezometrica della falda acquifera presente nel sottosuolo, la quale alimenta più a valle le sorgenti di Torano.

Per la comprensione delle caratteristiche idrogeologiche locali, sia a livello planimetrico sia in sezione, si rimanda alla documentazione tecnica prodotta dal Geologo Roberto Andrei ed allegata al nuovo progetto di coltivazione.

La Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici del corpo idrico sotterraneo significativo delle Alpi Apuane a corredo dello “Studio Idrogeologico Prototipale del Corpo Idrico Significativo dell’Acquifero Carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d’Oltre Serchio e S.Maria del Giudice” elaborato dal Centro di Geotecnologie dell'Università degli Studi di Siena nell'anno 2007, mette in evidenza una direttrice probabile di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico verso i gruppi di sorgenti di Gorgoglio-Pizzutello.

Dalla carta in oggetto, di cui si fornisce uno stralcio in **Fig. 14**, risulta inoltre evidente la mancanza di sorgenti nell'area estrattiva denominata cava n.64.



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

Fig. 14

LEGENDA LEGEND

Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia

Hydrogeological Units

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

Sorgenti Springs

Sorgente captata senza informazioni sulla portata media Tapped spring without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente libera senza informazioni sulla portata media Untapped spring without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

Sorgente di tipologia sconosciuta senza indicazioni della portata media Spring (undefined) without mean discharge indication

portata non definita
Undefined mean discharge

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%)

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%)

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%)

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%)

Sorgente di tipologia sconosciuta
Spring (undefined)

Limiti di bacino Watershed and Recharge Area Boundaries

Limite di bacino idrografico
Watershed divide

certo Definite

presunto Inferred

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 tracciante
idrogeologico naturale
Dye test (fracture)

175

Sezioni Idrogeologiche Hydrogeological Cross-Sections

Traccia di sezione idrogeologica
Hydrogeological Cross-Sections

A — A'

Idrografia superficiale Surface Waters

Reticolo idrografico
Stream network

Laghi naturali e artificiali
Natural and artificial lakes

Nella “Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica di supporto alla Variante al piano di coltivazione della cava La Madonna N.64”, datata 11 febbraio 2022 e a firma del Dott. Geol. Chiara Taponecco, in merito alla possibile interazione tra le acque di infiltrazione nella zona di cava e le sorgenti di Torano, viene scritto (si riporta testualmente):

“

Concludendo è possibile affermare che con le prove condotte la connessione è plausibile, non solo e non tanto con prove puntuali con tracciati ma piuttosto incrociando prove di taglio con piogge e torbidità e, ancor più, esaminando le torbidità e, con processo inverso, risalire a cosa la cava compieva in quel dato momento. Le cautele quali quantitative associate a gestione emergenze e raccolta marmettola e fanghi, e raccolta di tutte le acque di percolazione oltre che di lavorazione garantisce la applicazione di ogni possibile misura di doverosa di tutela della risorsa.

.....”

Allo stato attuale sono in corso, da parte del Tecnico incaricato Dott. Geol. Roberto Andrei, approfondimenti di carattere idrogeologico sulla base di specifiche indagini geognostiche da poco effettuate dalla ditta esercente la cava n.64. Tali approfondimenti permetteranno di valutare meglio la possibile interferenza tra le lavorazioni previste dal nuovo progetto di coltivazione, la falda acquifera e le sorgenti locali.

Per quanto riguarda il carsismo, non sono mai state segnalate cavità ipogee nella zona oggetto di interventi e nel comparto estrattivo in cui la stessa è inserita. Il Catasto Grotte, come riportato nella **Fig. 15** seguente estratta da Geoscopio della regione Toscana, segnala la presenza di due cavità ipogee, denominate “1926 MS Tana delle Salamandre” e “179 MS Tanone di Torano” a circa 500 m di distanza verso WSW dal sito estrattivo oggetto di interventi, che risultano dislocate oltre il canale di Porcinacchia e quindi alla base del versante opposto a quelle oggetto di attività estrattive, a prevalente direzione di sviluppo N-S. Tali caratteristiche inducono a ritenere che lo sviluppo in pianta di tali cavità non possa interferire con il sito estrattivo Cava n.64. Anche se nelle aree di lavorazione non si rilevano macroscopiche discontinuità a livello carsico, dovranno comunque essere previste tutte le precauzioni atte ad evitare la dispersione di materiali inquinanti derivanti dalle varie attività di cava, comprese le procedure d'urgenza in caso di sversamenti accidentali, così come impartito dal progettista. L'osservanza delle precauzioni stabilite dal Progettista in sede di Piano di Coltivazione, risultano competenza del Direttore dei Lavori.



Regione Toscana



Regione Toscana - SIPT: Grotte e Carsismo

Scala 1 :10.000

589.300,4



Fig. 15 – Carta delle grotte e del carsismo (da SIPT Regione toscana). Scala 1:10.000

7. VALUTAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E DELL'AZIONE SISMICA

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.16**).

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.

Relazione geologica-geomorfologica-idrogeologica con analisi fattibilità Progetto di coltivazione Cava n.64 – La Madonna – AGOSTO 2025



Regione Toscana
DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI ED AMBIENTALI
SETTORE SERVIZIO SISMICO REGIONALE
<http://www.rete.toscana.it/sett/pta/sismica>

Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2008)

All. B - Distribuzione dei punti della griglia per la provincia di Massa Carrara

Nota:

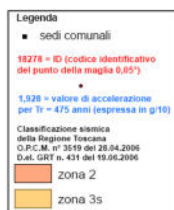
Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Infatti, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B), tramite media pesata utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

in cui:
p = valore del parametro di interesse nel punto in esame;
pi = valore del parametro di interesse nell'i-simo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
di = distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i Parametri Spettrali P(ag, Fo, Tc').

COMUNE	ag (TR=475anni) del capoluogo (in g/10)	ZONA SISMICA OPCM 3519/06 - Del GRT 431/06
Podenzana	1,680	2
Pontremoli	1,990	2
Filattiera	1,980	2
Zeri	1,820	2
Bagnone	1,980	2
Licciana Nardi	1,950	2
Comano	2,040	2
Villafranca in Lunigiana	1,950	2
Mulazzo	1,900	2
Fivizzano	2,000	2
Tresana	1,810	2
Casola in Lunigiana	1,980	2
Aulla	1,720	2
Fosdinovo	1,500	2
Carrara	1,360	3S
Massa	1,330	3S
Montignoso	1,420	3S



Si precisa che i dati rappresentati in tale elaborato sono da intendersi soltanto come strumento di indirizzo per la consultazione delle tabelle riportate in Allegato B del D.M. 14/01/2008. L'utilizzo di tali dati rientra nella piena responsabilità degli utenti. Pertanto, il Servizio Sismico Regionale non si riterrà responsabile dell'uso improprio o incorretto dei suddetti dati.

Ver.: 03 Aprile 2008



Area d'intervento

Fig. 16: Distribuzione dei punti di calcolo di ag 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" Vr espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento Pvr.

Indagini sismiche effettuate all'interno di siti estrattivi di caratteristiche analoghe a quello di progetto, hanno mostrato velocità della copertura detritica di circa 400 m/s e velocità del substrato marmoreo maggiori di 900 m/s. Tali indagini permettono di inserire il substrato marmoreo, affiorante alla superficie topografica, in Categoria di sottosuolo A e i terreni costituenti le coperture detritiche di origine antropica, denominati ravaneti, in Categoria di sottosuolo B, secondo la seguente tabella:

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

	Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
Caso Marmo	A	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.
	B	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.
Caso Ravaneti	C	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.
	D	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.
	E	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.

Le condizioni topografiche ricadono cautelativamente, per il sito di intervento, nella Categoria Topografica T2, come evidente dalla seguente tabella estratta dalle NTC2018, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografico pari a 1,2

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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
Caso Marmo	A	1,00	1,00
	B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_o \text{ (ag/g)} \leq 1,20$	$1,10 (T_{*c})^{-0,20}$
Caso Ravaneti	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)

Il calcolo dei coefficienti di spinta sismica per gli stati limite d'esercizio, SLO (stato limite di operatività) e SLD (stato limite di danno), e per gli stati limite ultimi, SLV (stato limite di salvaguardia della vita) e SLC (stato limite di prevenzione del collasso), è stato effettuato in ottemperanza alla normativa sopracitata, utilizzando la griglia sismica esistente in rete; di seguito si forniscono le risultanze dell'elaborazione di cui sopra, sulla base del software open source Geostru PS:

Parametri sismici
determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2008

Sito in esame.

latitudine: 44,096733 [°]

longitudine: 10,111559 [°]

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	18488	44,085590	10,079810	2822,1
Sito 2	18489	44,087580	10,149270	3179,0
Sito 3	18267	44,137530	10,146600	5329,5
Sito 4	18266	44,135540	10,077000	5121,7

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	0,050	2,454	0,237
Danno (SLD)	63	50	0,064	2,469	0,254
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,159	2,394	0,289
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,204	2,382	0,295

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2008

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,000	1,000	1,200	0,012	0,006	0,594	0,200
SLD	1,000	1,000	1,200	0,015	0,008	0,748	0,200
SLV	1,000	1,000	1,200	0,055	0,028	1,874	0,290
SLC	1,000	1,000	1,200	0,076	0,038	2,400	0,310

8. MODELLO GEOLOGICO

Il modello geologico dei terreni costituenti l'areale di cava oggetto del presente studio è stato ricostruito sulla base delle indagini effettuate all'interno del sito oggetto di interventi ed in zone limitrofe, partendo dal presupposto 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 soprastante terreno detritico di tipo antropico a prevalente componente granulare.

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche del litotipo "marmo", sono stati condotti, dal Geologo incaricato Roberto Andrei, specifici rilievi geostrutturali e geomeccanici che hanno permesso, in considerazione di molteplici parametri osservati in affioramento, di attribuire all'ammasso roccioso determinati indici (RMR e GSI) utilizzabili per ricavarne la qualità ed i relativi parametri geotecnici. Inoltre, tali dati sono stati utilizzati come base per le verifiche di stabilità condotte dal Progettista Ing. Marco Berlinghieri. Pertanto, per approfondimenti in merito a queste tematiche, si rimanda alla relazione sul rilevamento strutturale dei fronti di escavazione redatta a cura del Geol. Andrei ed alla relazione geomeccanica di stabilità a cura dell'Ing. Berlinghieri.

8.4. Modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante

I rilievi geologici effettuati hanno permesso di ricavare il seguente modello geologico in presenza di substrato roccioso affiorante:

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)
Substrato marmoreo	2700	2700	35° ÷ 45°	3,0 ÷ 4,0

tab. 1: Modello geologico substrato roccioso affiorante

8.5. Modello geologico in presenza di "ravaneti"

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti la copertura detritica antropica di cava, cosiddetti "ravaneti", oltre alle indagini sismiche descritte e precedenti studi effettuati direttamente all'interno della medesima area 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 Enviroment, Special Issuel"*, 2008
- *"Static and dynamic analyses of the satbility 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. 2: Modello geologico ravaneto + substrato roccioso

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle indagini e dei rilievi effettuati, è stato possibile, in ultima analisi, definire il modello geologico e geosismico caratterizzante in sito di intervento, in ottemperanza al D.M. 17.01.18 e s.m.i. ed alle normative sismiche, che costituisce la base per la progettazione geotecnica delle previste lavorazioni.

Relativamente alla raccolta/canalizzazione/recupero delle acque meteoriche, al contenimento delle emissioni diffuse ed alla valutazione dell'impatto acustico si rimanda alle indicazioni progettuali/operative descritte nelle relazioni e tavole tecniche redatte dal progettista Ing. Marco Berlinghieri.

Al fine di preservare l'integrità della risorsa idrica locale, particolare attenzione dovrà essere posta, dalla ditta esercente la Cava n.64, in merito alla gestione delle acque meteoriche dilavanti e delle acque di lavorazione, secondo quanto disposto agli articoli 27 (commi 4, 5, 6), 28 e 29 delle NTA dei PABE di Carrara. A tal proposito, si ricorda che la ditta stessa, ormai da diversi anni, effettua le lavorazioni di taglio del materiale lapideo utilizzando una minima quantità d'acqua, confinando le zone di taglio ed evitando di disperdere sui piazzali eventuali materiali fini che potrebbero interferire con il circuito idrogeologico locale, sulla base di specifiche prescrizioni impartite dagli enti amministrativi di competenza.

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica locale, descritta al Capitolo 6.4 al quale si rimanda per eventuali approfondimenti, si ricorda che la ricostruzione del modello idrogeologico di sito si è basata su studi e dati di letteratura piuttosto solidi, oltreché sui risultati ottenuti dalle prove con traccianti e dalle prove dirette di taglio, con associato monitoraggio dei picchi di torbidità delle sorgenti a valle, effettuate in passato all'interno della cava in oggetto. In questa sede, si ritiene possa ragionevolmente escludersi una interferenza diretta tra gli scavi di progetto, la cui quota minima prevista dal progettista raggiungerà i 203 m s.l.m., e il livello della piezometrica presente nel sottosuolo di intervento che, secondo le ricostruzioni basate sui dati e sugli studi presenti in letteratura, dovrebbe attestarsi a circa 180 m s.l.m. L'analisi di tutti i dati esistenti a livello idrogeologico per la zona, permette di considerare attendibile tale ipotesi.

Allo stato attuale sono in corso, da parte del Tecnico incaricato Dott. Geol. Roberto Andrei, approfondimenti di carattere idrogeologico sulla base di specifiche indagini geognostiche da poco effettuate dalla ditta esercente la cava n.64. Tali approfondimenti permetteranno di valutare meglio la possibile interferenza tra le lavorazioni previste dal nuovo progetto di coltivazione, la falda acquifera e le sorgenti locali. Si rimanda a tale documentazione per approfondimenti in merito.

Per quanto riguarda la Valutazione delle interazioni con gli Strumenti di Pianificazione dell'Autorità di Bacino Distrettuale, compresi le eventuali misure di salvaguardia e monitoraggio ambientale da mettere in atto, si rimanda alla specifica Relazione Tecnica allegata al Progetto e redatta dall'Ing. Berlinghieri e dal Geologo Andrei.

In definitiva, gli interventi previsti dal nuovo progetto di coltivazione elaborato per la cava n.64 La Madonna dal progettista Ing. Marco Berlinghieri si ritengono fattibili dal punto di vista geologico, da quello idraulico e da quello sismico ovviamente nel rispetto di tutte le indicazioni prescrittive riportate nelle N.T.A. e nelle N.T.G. dei PABE del Comune di Carrara in considerazioni delle singole fattispecie previste dal Progettista stesso.

Carrara, Agosto 2025

Dott. Geologo Maurizio Profeti
Firmato digitalmente
PRFMRZ73C19B832X