

Dott. Geol. Nicola Landucci

Via Eugenio Montale, 38 – 56038 Ponsacco (PI)

Tel. e Fax: 0587731520 - Mob. 3294155776 E mail: nicola.landucci@gmail.com

Iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Toscana al n°1155

**CAVE “GALLERIA FANTISCRITTI n.87” e
“FANTISCRITTI B n.92”
COMUNE DI CARRARA
PROVINCIA DI MASSA-CARRARA (MS)**

PROGETTO DI COLTIVAZIONE

**RELAZIONE GEOMORFOLOGICA,
GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
GIACIMENTOLOGICA**

Consorzio LE GALLERIE DI FANTISCRITTI

MAGGIO 2026

IL TECNICO

Dott. Geol. Nicola Landucci



0

Dott. Geol. Nicola Landucci

Via Eugenio Montale 38 - 56038 Ponsacco (PI)

Cell. 329 4155776 - e-mail: nicola.landucci@gmail.com

.....

INDICE

.....

1 - PREMESSA.....	2
2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
2.1 - LOCALIZZAZIONE E DISPONIBILITA' DELLE AREE.....	3
2.2 - STATO ATTUALE	5
2.3 - STATO DI PROGETTO.....	6
2.3.1 Cantieri a cielo aperto	6
2.3.2 Cantieri in sotterraneo	7
3 - CARATTERI GENERALI DEL SITO ESTRATTIVO	9
3.1 - GEOMORFOLOGIA DELL'AREA IN ESAME.....	9
3.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GIACIMENTOLOGICO	13
3.3 - IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	32
4 - INDIVIDUAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI E SUPERFICIALI AFFERENTI ALL'AREA DI CAVA, GLI STATI DI QUALITÀ E GLI OBIETTIVI PREVISTI NEL "PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE" (PGA).....	45
5 - PERICOLOSITA' DELL'AREA IN ESAME	53
5.1 - PERICOLOSITÀ AI SENSI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE.....	53
5.2 - PERICOLOSITÀ AI SENSI DEL PIANI ATTUATIVI (PABE) APPROVATI DEI BACINI DI TORANO, MISEGLIA E COLONNATA.....	57
6 - INQUADRAMENTO SISMICO	59
6.1 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	59
6.2 - DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	59
6.3 - AZIONE SISMICA	60
6.3.1 - Azione sismica per terreni ricadenti nella categoria di sottosuolo A.....	60
6.3.2 - Azione sismica per terreni ricadenti nella categoria di sottosuolo E	64
7 - FATTIBILITA'	66
8 - VALUTAZIONE DELLA STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO	73

1 - PREMESSA

Per incarico del Consorzio denominato “Le Gallerie di Fantiscritti” sono stati eseguiti studi di carattere geologico a supporto del nuovo progetto di coltivazione delle cave denominate “Galleria Fantiscritti n.87” e “Fantiscritti B n.92”, site nel bacino di Fantiscritti, nel comune di Carrara (MS).

Tale studio si compone delle informazioni disponibili, integrate successivamente con rilievi specifici, relative alle strutture geomorfologiche, geologiche, idrogeologiche e giacimentologiche dell’area in esame.

È opportuno precisare che gli inquadramenti generali dell’area vengono eseguiti sulla base delle informazioni contenute negli elaborati del Piano Attuativo dei Bacini Estrattivi di Torano, Miseglia e Colonnata, adottato con Del. di C.C. n.55 del 11/06/2019 e approvato con Del. di C.C. n.71 del 03/11/2020, con pubblicazione sul B.U.R.T. n.47 del 18/11/2020, oltre che negli elaborati del Piano Strutturale comunale, la cui variante è stata approvata con Del. di C.C. n.28 del 16/03/2012, e del Piano Operativo comunale, approvato Delibera del Consiglio Comunale n.49 del 10/06/2022.

La metodologia applicata è stata sviluppata attraverso le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica di studi a contenuto geomorfologico e geologico-tecnico riguardanti l’area di intervento;
- dettagliato rilevamento geomorfologico, geologico e giacimentologico di dettaglio su una congrua superficie nell’intorno dell’area di interesse;
- elaborazione di tutte le informazioni ricavate.

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

2.1 - LOCALIZZAZIONE E DISPONIBILITA' DELLE AREE

Le cave denominate “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87”, facenti parte del Consorzio “Le Gallerie di Fantiscritti” sono ubicate sul versante orografico destro della Valle di Canalgrande, nel Bacino estrattivo di Fantiscritti.

L'area è compresa nella tavoletta Monte Sagro 1:25.000 (96 III NE) della Carta d'Italia dell'I.G.M., zona quadrato di 100 km di lato NP.

Il comprensorio estrattivo, relativamente alla cava “Fantiscritti B n.92”, è identificato al N.C.T. del Comune di Carrara al Foglio n.35 mappali 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78f, 79f, 107, 108, 109f, 110, 112f, 113f, 114f, 115, 117f, 118, 120f, 121f, 122f, 123f, 124, 147f, 148f, 151f, 153, 154f, 155f, 159f, 170f, 283f, 284f, 285f, 286f, 287f, 288f, 289, 290f, 298f, 320f, 330, 332, 364, 365, 442 e 469.

La cava “Galleria Fantiscritti n.87” è identificata invece al N.C.T. del Comune di Carrara al Foglio n.35, mappali n. 56p, 57p, 58, 103, 104, 105, 111.



Immagine relativa all'ubicazione dei siti estrattivi denominati “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87” tratta da Google Earth.

Le aree di coltivazione sono state definite sulla base della morfologia dei luoghi, delle caratteristiche di giacitura dell'affioramento, dei dislivelli già esistenti e della facilità di accesso alle stesse aree, in modo da prefigurare condizioni di normale svolgimento dei lavori tra le cave confinanti ed operare in sicurezza nelle coltivazioni.



Immagine di dettaglio relativa ai siti estrattivi denominati “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87” tratta da Google Earth.



Immagine di dettaglio relativa ai siti estrattivi denominati “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87” tratta da Google Earth con sovrapposizione della morfologia a cielo aperto di progetto.

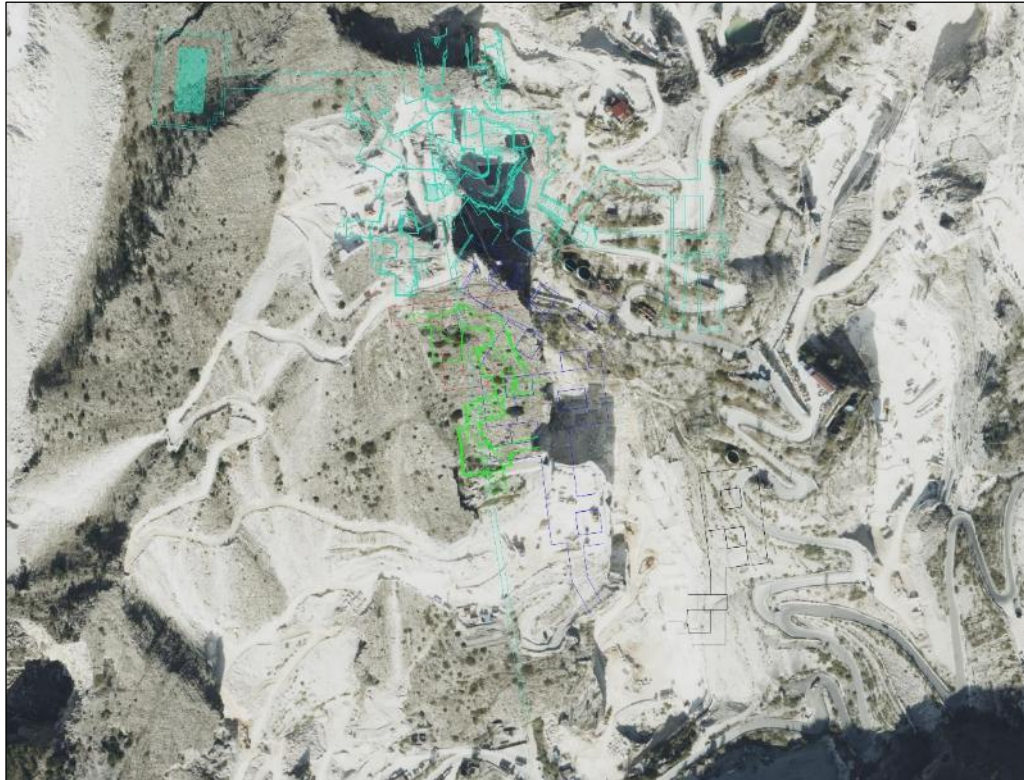


Immagine di dettaglio relativa ai siti estrattivi denominati “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87” tratta da Google Earth con sovrapposizione dei limiti dei sotterranei esistenti e di progetto.

Per maggiori informazioni su quanto finora trattato, si rimanda alla visione degli elaborati progettuali.

2.2 - STATO ATTUALE

Allo stato attuale le coltivazioni del cantiere cava n. 92 si svolgono in quattro principali cantieri a cielo aperto e due in sotterraneo, ovvero il piazzale principale “Inferiore”, quello denominato "Zucchetto" situato nella porzione E del complesso, il cantiere "Scaloni" cui è dato accesso con una strada che dalla porzione W del complesso si inerpica sino a raggiungere il cantiere citato e infine il cantiere “Superiore” di ripresa dall’alto in adiacenza alla cava Verdichiara n° 88, collegato dalla strada di recente realizzazione.

Il primo si situa in un ampio anfiteatro oggetto di coltivazioni da centinaia di anni con piazzali posizionati a diverse quote da ca. 422,7 – 455,8 m. s.l.m. I fronti adiacenti sono di varia altezza, il principale dei quali, ad W, raggiunge i circa 240 di altezza, mentre in destra, vale a dire ad E della cava, si trova il secondo cantiere in rilevato in aderenza alla strada comprensoriale di servizio alle cave di tutto il bacino di Fantiscritti-Canalgrande in coltivazione alla quota media di ca. 470. Le lavorazioni avvengono su più bancate in progressivo sviluppo, la più alta delle quali (consentiva l’accesso anche al sotterraneo (area non più in coltivazione).

Nel cantiere Scaloni le lavorazioni procedono come da progetto mediante abbassamenti progressivi ed è recentemente iniziato quello di quota di ca. 516 m.

Per quanto riguarda l'ultimo cantiere le lavorazioni procedono in funzione degli abbassamenti di quota della cava limitrofa Verdichiara n. 88 (al momento ferma in attesa di nuova autorizzazione), e oggi si attestano in area Figaia Cave S.p.A. alla quota di 751-744 m ca in adiacenza al piazzale principale della cava n°88 e alle quote di 714 e 711 m.

I cantieri sotterranei attivi sono alle quote 423 quello orientale cui si accede dal piazzale inferiore della cava n. 92, mentre quello occidentale è aperto ad una quota leggermente superiore pari a ca. 448 al di sotto del cantiere a cielo aperto Scaloni.

Per quanto riguarda il sotterraneo del cantiere cava n. 87, è nei fatti al momento condiviso con la adiacente cava n. 85 vista la peculiare situazione sotterranea. La limitrofa cava accede ai cantieri in lavorazione da due ingressi ubicati lungo la galleria carrabile Fantiscritti – Ravaccione che conducono alle zone di lavorazione che si sviluppano ad W ed E della stessa galleria ex marmifera. Dalle zone in lavorazione situate a quote inferiori del cantiere E si raggiunge, attraverso una rampa, il sotterraneo in disponibilità della cava 87 alla quota di pavimento 448.5 ca. con quota cielo ca. 454 m.

La galleria della cava Galleria Fantiscritti n°87 si sviluppa quindi al momento nella sua quasi interezza sul livello di tracciamento LT, con altezza 5,6 +/- 0,2 m, tranne che per il ramo in direzione NE-SW posizionato più a W ove è iniziato uno sbasso.

2.3 - STATO DI PROGETTO

2.3.1 Cantieri a cielo aperto

- *Cantiere Inferiore*

In questa stesura progettuale si prevede il completamento degli sbassi nel cantiere inferiore sino alla quota media di 398 e 405 m ca. nelle aree della ex Cava Scaloni B (Rosso Comasco) e con una configurazione di successivi gradoni a salire, posti alle quote di 413, 420, 427, 434, 441 m nelle aree a Nord del cantiere posto in adiacenza al cantiere denominato “Zucchetto” e sottostante il cantiere “Scaloni”. Questo dipende dalla volontà aziendale di realizzare e mantenere l'accesso a due sotterranei che si svilupperanno uno lungo la parete ad Est (livello basale Est) e uno lungo la parete a Ovest (livello basale Ovest) dell'anfiteatro di cava, per cui le lavorazioni procederanno in modo minore nelle aree in adiacenza agli ingressi.

- *Cantiere Zucchetto*

In questo cantiere posto nella zona orientale della cava si eseguiranno solo parte dei lavori recentemente autorizzati in quanto si eseguirà solo lo sbasso sino alla quota di 455-448 m. Parte di queste lavorazioni sono state già classificate nella vigente autorizzazione come finalizzate a garantire la sicurezza dei cantieri di lavorazione, ovvero la porzione iniziale del cantiere attraversata dell'importante struttura fragile.

- *Cantiere Scaloni*

In questo cantiere le lavorazioni procederanno come recentemente autorizzato, attraverso la messa in sicurezza del fronte sovrastante i cantieri sottostanti attraverso l'abbassamento di quota sino alle quote 490 m ca. per l'intero sviluppo del cantiere, compresa la porzione SE alle quote per permettere di asportare la porzione aggettante in sottotecchia che caratterizza il fronte

residuo di passate coltivazioni. Quest'area infatti è caratterizzata dalla presenza di importanti strutture fragili che debbono necessariamente essere asportate per la realizzazione dei lavori necessari a garantire la sicurezza delle aree.

- *Cantiere Superiore (confine cava n. 88)*

Nel cantiere superiore le lavorazioni proseguiranno in coordinamento con la limitrofa cava "Verdichiara" n°88. Nel piazzale posto superiormente, che caratterizza anche aree della cava n°88, le coltivazioni previste raggiungeranno la quota di 744 m coordinata con la medesima cava n. 88, mentre la porzione più a S si prevede la realizzazione di due gradoni posti alle quote di 704 m e 699 m ca. a proseguire i piani già oggi autorizzati. Parte di queste lavorazioni sono state individuate nel progetto recentemente autorizzato come scopertura del giacimento, ovvero le lavorazioni che interessano la porzione corticale (ca. 3 m di profondità) del monte vergine, e di messa in sicurezza attraverso la realizzazione della gradonatura del fronte principale.

Come visibile dalle tavole progettuali, in questa porzione di area che comprende il piazzale di progetto alla quota 744 m in aree del Consorzio cava n. 92 e la porzione esterna dei piazzali di quota 712 m e 706 m in aree cava n. 88 di F.T. Cave s.r.l., le lavorazioni verranno svolte per motivi logistici, e soprattutto di sicurezza delle stesse, come precisato di seguito.

Nella porzione superiore le lavorazioni saranno eseguite da uomini e mezzi della F.T. Cave s.r.l. poiché, come detto, la presenza di contemporanee operazioni del Consorzio creerebbe interferenza e possibile insorgenza di problematiche di sicurezza. Medesima considerazione a parti invertite può essere fatta per la porzione ad Est del cantiere in adiacenza alla zona dove è presente il relitto dell'ascensore che in passato veniva utilizzato dalle maestranze per giungere alla cava n°88.

2.3.2 Cantieri in sotterraneo

- *Sotterraneo basale Ovest*

Il cantiere Sotterraneo W, posto al di sotto del cantiere Scaloni, rappresenta il maggior sviluppo sotterraneo delle cave del Consorzio e si svilupperà attraverso la realizzazione di due ulteriori ingressi, uno sul fronte esposto a E ed uno a S dell'anfiteatro di cava come apertura di sicurezza e ventilazione. La galleria oggi autorizzata prevede il raggiungimento della cava in sotterraneo denominata n. 87 al fine della realizzazione di una nuova uscita di ventilazione e accesso di tutti i cantieri che si sviluppano lungo la strada Marmifera di Fantiscritti-Ravaccione evitando operazioni interferenti con la cava n. 85.

La galleria aperta alla quota di ca. 448 m (Livello di tracciamento LT) nel cantiere esterno, ha quota cielo ca. 454 m ca. Il sotterraneo si svilupperà come descritto negli elaborati progettuali 8A e 8B con uno schema a camere e pilastri, numerati da P1 a P9, previsti al momento come opportunamente sfalsati tra loro per meglio intercettare le discontinuità presenti. A questo proposito si evidenzia il cambio di orientazione per adeguare il tracciamento alla direzione media delle discontinuità principali.

Su parte dei sotterranei sono previsti uno sbasso a seguire a quota 441-442 ca. partendo dalle zone di accesso e due ulteriori ribassi alla estremità NW in area cava n. 87 per raggiungere la quota 431.5 ca. dei vecchi sotterranei di Ravaccione così da avere una viabilità complessiva di attraversamento dei cantieri a creare un anello.

Tra i due ingressi sul lato E verrà lasciato in posto un pilastro (denominato P1) della dimensione di 18 m x 18 m, pari a ca. 324 mq, mentre tra gli altri pilastri avranno dimensioni preliminarmente previste prudenzialmente comprese tra 21x15 e 18x15 m come descritto negli elaborati 8A e 8B, da sottoporre a successive verifiche una volta accertata la reale condizione strutturale. L'estensione orientale dello sviluppo del sotterraneo nella parte Nord tiene conto della proiezione della nota faglia di andamento NW-SE presente nei sotterranei storici di Ravaccione in modo da non incrociarla nello sviluppo (vedasi carta delle fratture).

Le dimensioni dei due ingressi principali sarà di 12 m quella, più a Sud di 9 m, l'apertura meridionale di ventilazione e sicurezza avrà ampiezza di 12 m ca..

Le lavorazioni mantengono congrua distanza dalle operazioni attuali e di progetto della cava n. 85 in modo da non creare potenziali interferenze.

- *Sotterraneo basale Est*

Il cantiere Sotterraneo E, posto al di sotto del ravaneto dove è impostata la strada comprensoriale, si svilupperà in questa fase attraverso la realizzazione di due ingressi sul fronte esposto a E dell'anfiteatro di cava nella porzione della ex cava Scaloni B. La posizione degli ingressi e le quote a cui verranno realizzate sono state stabilite in occasione del progetto oggi autorizzato attraverso la realizzazione di più fori ispettivi per valutare l'andamento del substrato roccioso ricoperto dal citato detrito.

Si prevede pertanto di realizzare la seconda uscita a Sud ad una quota inferiore rispetto alle ipotesi del passato alla quota di ca. 410 con quota cielo ca. 416 m, valori idonei a garantire coperture sufficienti (maggiori di 15 m ovunque). Questa rappresenta una uscita di servizio e sicurezza, mentre lo sviluppo avverrà verso Nord dove le coperture aumentano ovviamente in modo significativo. Si organizzerà pertanto un sotterraneo sempre a camere e pilastri, di dimensioni minori rispetto a quello Ovest con per ora due pilastri centrali denominati P1.2 e P1.3. Tra i due ingressi verrà lasciato in posto un pilastro (denominato P1.1) con base rettangolare di dimensione di ca. 225 mq. La larghezza del portale N sarà di 12 m mentre quello Sud di 9 m. In questa fase progettuale. In questo sotterraneo è previsto al momento un unico sbasso a quota di riferimento di ca. 410 m.

- *Sotterraneo superiore q. 600*

Il presente progetto prevede altresì l'apertura di un nuovo sotterraneo in quota 600 realizzato a cavallo tra le cave 87 e 92 in posizione laterale rispetto alle vecchie scale di accesso. La galleria avrà uno sviluppo al momento limitato in relazione alla esplorazione del giacimento in quote e si manterrà con direzione Ovest circa allineandosi con i sotterranei abbandonati della cava n. 87, pur mantenendosi ad una quota inferiore (vedasi sezioni progettuali 16 e 17 Tav. 9). È previsto un ramo in direzione Sud con uno sviluppo di ca. 55 m e successivo ramo verso Est a praticare una piccola apertura di ventilazione. Ulteriori sviluppi potranno essere valutati durante l'esecuzione delle fasi esplorative qui descritte con specifica variante.

3 - CARATTERI GENERALI DEL SITO ESTRATTIVO

3.1 - GEOMORFOLOGIA DELL'AREA IN ESAME

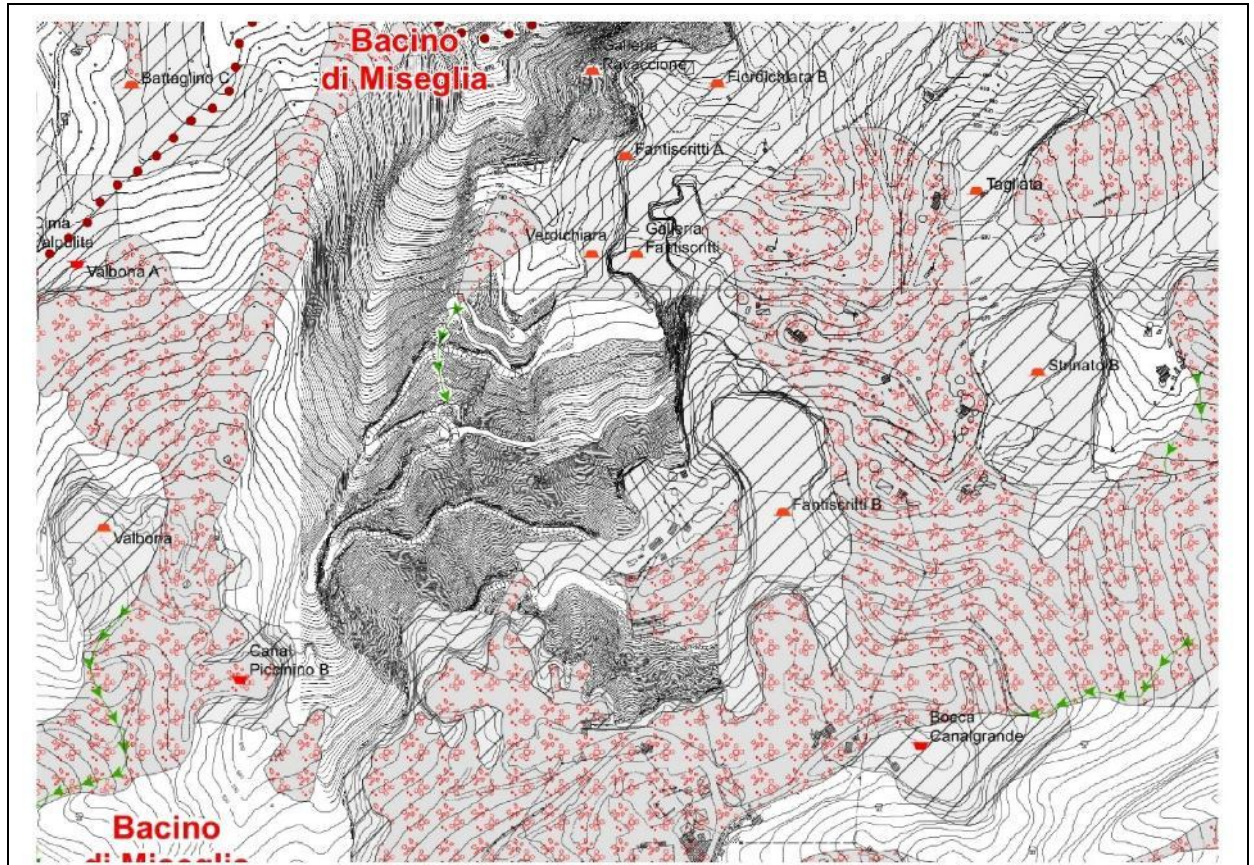
In termini generali il sito oggetto di studio è posizionato in un ambiente tipicamente montano, con aspetti geomorfologici (quote medie e pendenze dei versanti) simili a quelli delle limitrofe aree montuose apuane.

Allo stato attuale tutta l'area in esame risulta fortemente antropizzata, data la presenza diffusa di cave per l'estrazione di materiale lapideo, che hanno portato all'escavazione di marmi da un lato e alla formazione di accumuli di materiale detritico (ravaneti) dall'altro; pertanto, l'intera morfologia originaria dei luoghi è stata fortemente modificata.

I versanti rocciosi molto acclivi presentano una vegetazione rada e costituita essenzialmente da essenze arbustive endemiche e non sono presenti insediamenti agricoli in virtù, tra l'altro, delle caratteristiche mineralogiche del substrato roccioso.

Dal rilievo di dettaglio eseguito in un intorno significativo delle cave “*Fantiscritti B n.92*” e “*Galleria Fantiscritti n.87*” e da un'attenta analisi della Tavola D2.2sud “*Carta geomorfologica di dettaglio dei Bacini Estrattivi*”, elaborata in supporto ai Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane redatti ai sensi della L.R. 64/2014 e del PIT-PPR, si rileva la presenza dei Marmi, in gran parte ricoperti e oblitterati da *ravaneti* (*h3*), che come noto costituiscono estesi accumuli di materiale di scarto prodotti dall'intensa attività estrattiva.

All'interno delle concavità e degli impluvi principali si rilevano segni di ruscellamento e/o erosione concentrata, evidenziati da linee e frecce entrambe di colore verde.



(fuori scala)

LEGENDA

<p> Perimetro Bacino/Sottobacino</p> <p> Area scavata (ae)</p> <p> Cave attive</p> <p>FORME DI VERSANTE, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA GRAVITA'</p> <p><i>Forme di denudazione</i></p> <p> Orlo di scarpata di degradazione o di erosione Sono cartografate i principali orli di scarpata naturale</p> <p> Orlo di scarpata di frana Sono cartografate le principali nicchie di frana indipendentemente dal loro stato di attività</p> <p>ELEMENTI GEOLOGICI</p> <p> dct dct: depositi alluvionali antichi cementati e terrazzati (Olocene-Pleistocene?)</p>	<p>FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI</p> <p> Ravaneti (h3) Discariche di materiale di scarto delle cave. Oltre ai corpi detritici scaricati lungo i versanti di cava sono cartografati i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc...) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.</p> <p>FORME FLUVIALI, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI</p> <p> Ruscellamento diffuso</p> <p> 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.</p> <p>Forme di accumulo</p> <p> Conoide alluvionale di deiezione olocenica</p>
--	--

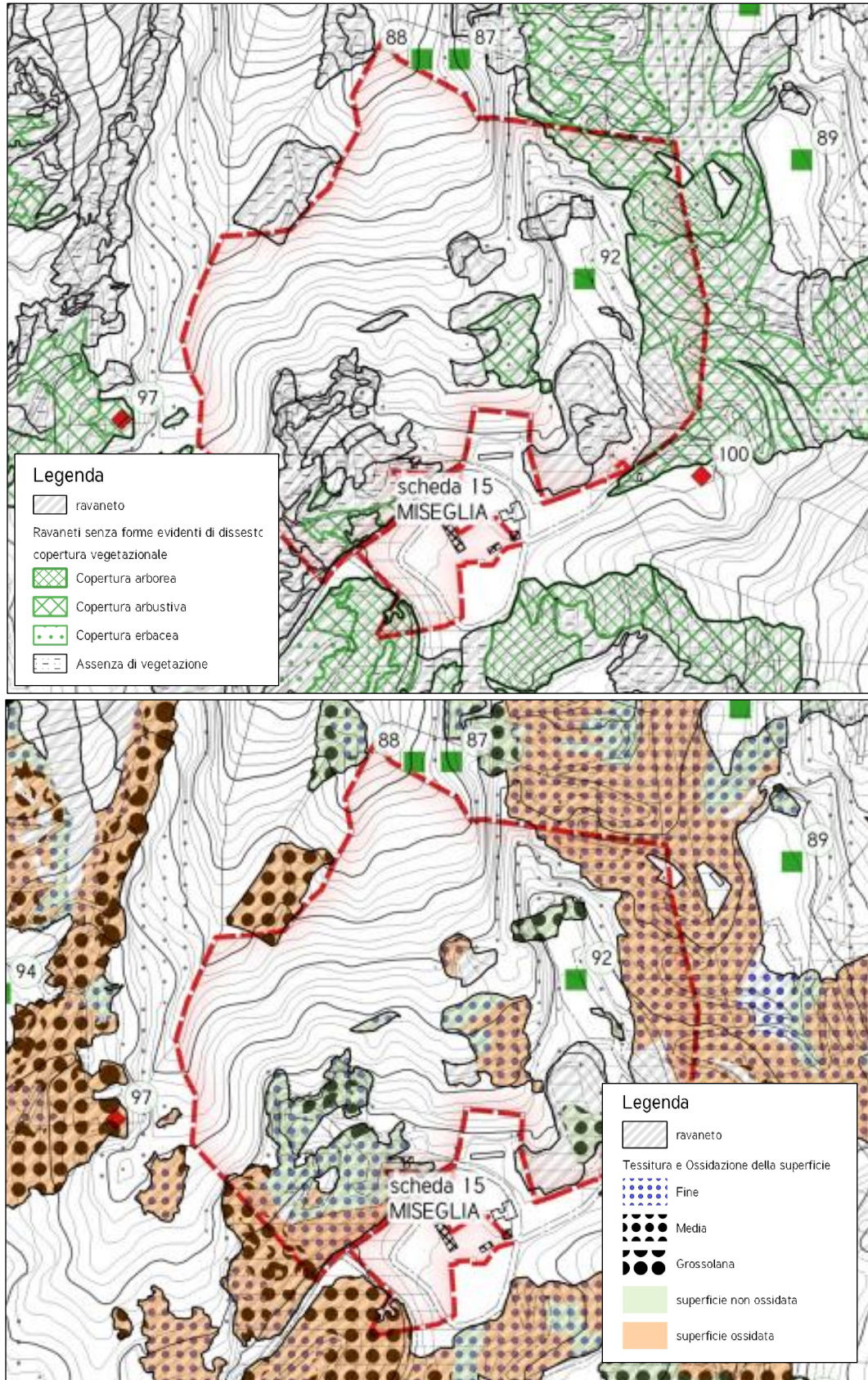
Estratto fuori scala della Tavola D2.2sud "Carta geomorfologica di dettaglio dei Bacini Estrattivi" e relativa legenda per l'area in oggetto.



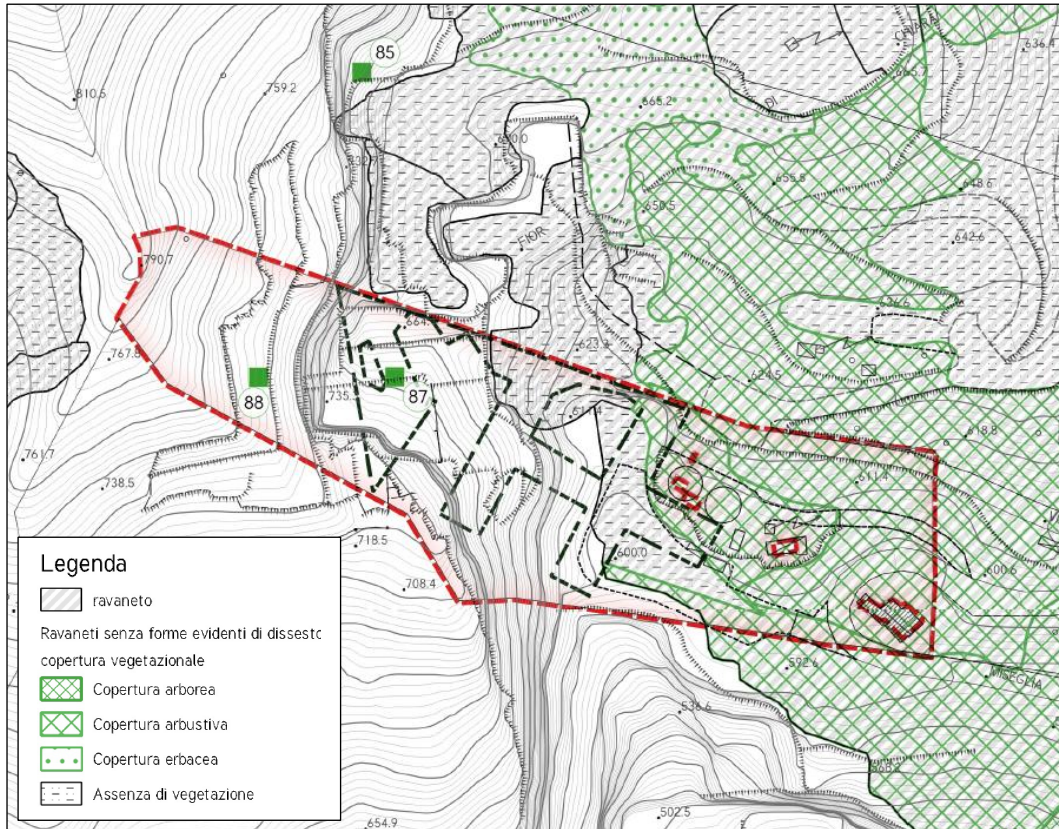
Immagine relativa al fronte occidentale del complesso estrattivo, in cui viene messo in evidenza il fronte W dello stretto anfiteatro sviluppatosi delle operazioni di coltivazione.

Di seguito si riportano due estratti cartografici non in scala delle schede di dettaglio delle due cave in esame presenti nel PABE del Comune di Carrara.

Dal rilievo di dettaglio eseguito è stato possibile rilevare l'assenza di forme carsiche evidenti. Non risultano censite nell'area cavità di alcun tipo, né all'interno del catasto regionale grotte, né all'interno delle cartografie specifiche (Studio prototipale del corpo idrico significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e S. Maria del Giudice, Carta delle grotte e delle sorgenti delle Alpi Apuane (Gruppo Nazionale per la difesa delle catastrofi idrogeologiche, scala 1:25.000), SITA: Grotte e Carsismo" così come consultabile nel sito GEOSCOPIO della Regione Toscana, all'indirizzo web ww502.regione.toscana.it/geoscopio/grotte_e_carsismo, PABE Comune di Carrara, PIT-PPR Regione Toscana).



Estratti cartografici non in scala dalla scheda di dettaglio relativa alla cava "Fantiscritti B n.92" contenuta nel quadro valutativo del PABE approvato.



Estratti cartografici non in scala dalla scheda di dettaglio relativa alla cava “Galleria Fantiscritti n.87” contenuta nel quadro valutativo del PABE approvato.

3.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GIACIMENTOLOGICO

In termini generali il Comune di Carrara si colloca in parte in un ambiente di tipo collinare-montano ed in parte nel settore di pianura delimitato a N dal Fiume Magra e a S dal Fiume Versilia; in questa seconda porzione si sviluppa il Fiume Carrione che, unitamente agli altri due corsi d’acqua, ha contribuito alla formazione ed allo sviluppo dell’intera pianura costiera apuo-versiliese.

L’assetto stratigrafico viene definito nella “Relazione illustrativa e definizione della fattibilità geologica, idraulica e sismica” allegata alle “Indagini geologico tecniche (ai sensi del D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011)” del Piano Attuativo dei Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata, di cui si riporta un breve estratto:

(...)

La catena appenninica, parte del sistema orogenico Alpino-Himalayano, è il risultato della deformazione terziaria sin e post-collisionale del margine continentale italo-adriatico, su cui sono sovrascorsi frammenti di un dominio oceanico (le Unità Liguri), dovuto allo scontro tra la placca europea, e in particolare il blocco sardo-corso, e la microplacca Adria appartenente alla placca africana. In questo quadro tettonico le Alpi Apuane presentano una complessa situazione strutturale, caratterizzata dall’affioramento di più unità tettoniche derivanti da domini paleogeografici diversi, che le rendono un elemento unico e di notevole interesse nel panorama geologico italiano; in quest’area, infatti, vanno a incidere varie realtà geologiche: Unità

Metamorfiche, Falda Toscana, Unità Liguri, Bacini Neogenici. In particolare, la Falda Toscana presente nell'area settentrionale della Toscana, costituisce un anello continuo lungo tutto il perimetro del Complesso Metamorfico Apuano, configurando così la classica finestra tettonica delle Alpi Apuane.

Nell'area apuana affiorano terreni che vanno dai livelli strutturali più profondi, appartenenti al basamento epimetamorfico ercinico (paleozoico) e alle sue coperture epimetamorfiche mesozoiche (Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane), a quelli più superficiali rappresentati dai depositi post-orogeneci, plio-quadernari. Il basamento paleozoico è costituito da formazioni essenzialmente filladiche quarzitiche, mentre la sua copertura mesozoica è prevalentemente carbonatica.

La successione stratigrafica non metamorfica della soprastante Falda Toscana si compone di una parte basale, mesozoica, prevalentemente carbonatica, cui segue una successione, anch'essa mesozoica, calcareo-silico-marnosa ed un complesso sommitale argilloso-arenaceo (preflysch-flysch) terziario.

Le Unità Ligure e Sub-Ligure, derivate rispettivamente da un dominio oceanico e peri-continentale, sono costituite da complessi con dominante sedimentazione argillosa, e da formazioni flyschoidi arenacee-calcareo-marnose.

Sulla base delle caratteristiche deformative nelle unità metamorfiche delle Alpi Apuane sono riconosciuti due eventi tettonici principali. Il primo evento compressivo, o D1, è collegabile alla collisione continentale; durante tale fase si realizza la messa in posto delle unità tettoniche che raggiungono profondità anche di 10-30 Km all'interno della crosta, con conseguenti deformazioni plicative e trasformazioni metamorfiche; si forma la scistosità tipica del "verso di macchia" dei marmi apuani.

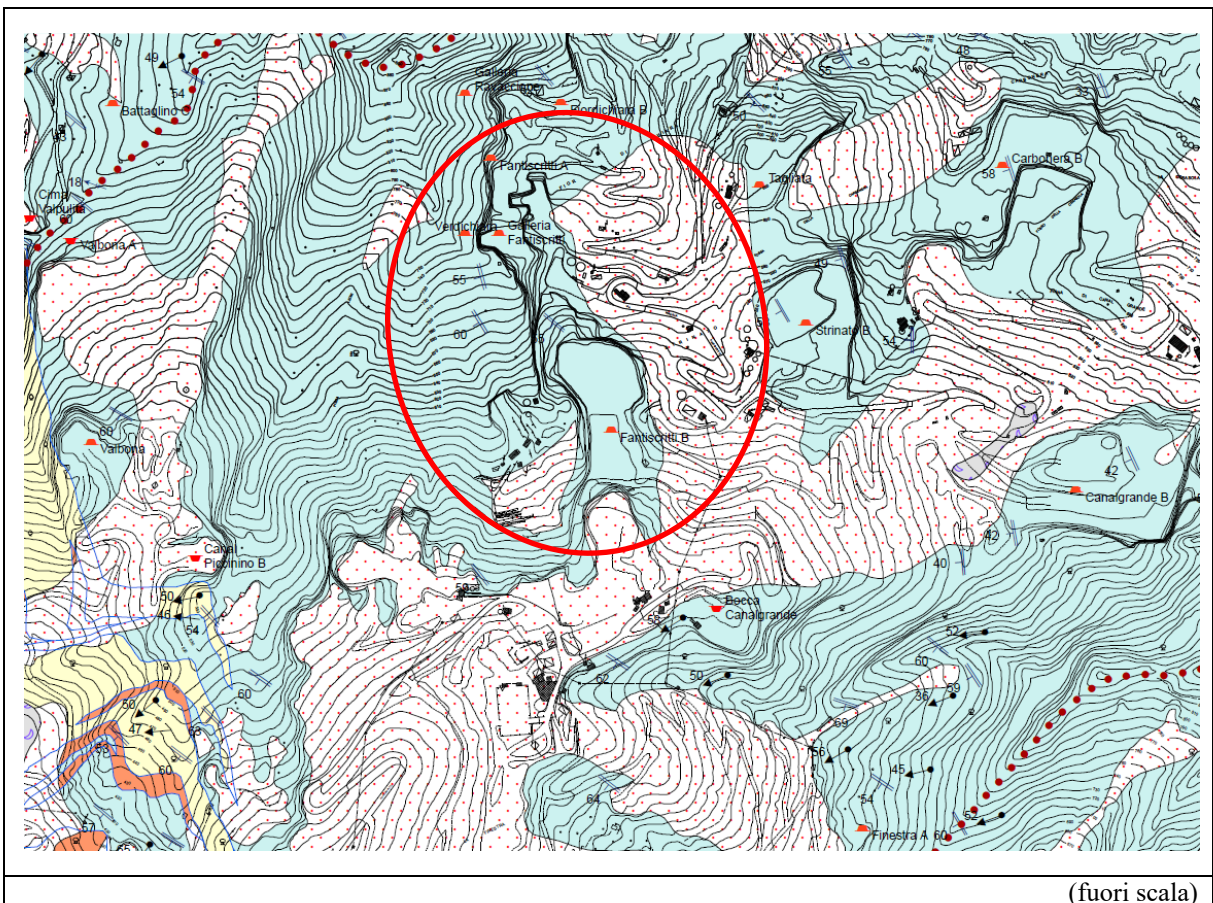
Al successivo evento distensivo duttile, o D2, sono associate strutture che deformano quelle realizzate precedentemente ed accompagnano la progressiva esumazione, cioè la risalita delle unità metamorfiche, verso la superficie. In particolare, le condizioni metamorfiche di picco registrate dalla Unità di Massa e dall'Autoctono Apuano sono stimate attorno a 350-450°C per pressioni tra 6-10 Kb (equivalenti a profondità tra 18-30 km). Alla storia deformativa D1 è attribuita, sulla base di datazioni radiometriche (metodi K/Ar, Ar/Ar e tracce di fissione), un'età compresa tra 27 e 20 Ma, mentre la parte iniziale della storia deformativa D2 (al di sopra della temperatura di circa 350 °C) è datata tra 15 e 10 Ma. Il passaggio delle unità metamorfiche al di sotto della temperatura di circa 120 °C (intorno a 3-4 Km di profondità) è stimata tra i 6 e 2 Ma. Una fase più recente della deformazione D2 si sviluppa tra il Pliocene Superiore e il Pleistocene Medio, assumendo carattere fragile; a un primo sistema di faglie trasformati coniugate a direzione anti-appenninica (fratture del "secondo") si associa un secondo sistema di fratture di apertura a prevalente direzione appenninica ("contro"); da notare come anche recenti campagne di misurazione dello stato di tensione all'interno degli ammassi rocciosi nell'area di Carrara abbiano riscontrato in molti casi un regime di paleostress con asse di maggior pressione orizzontale a direzione nord.

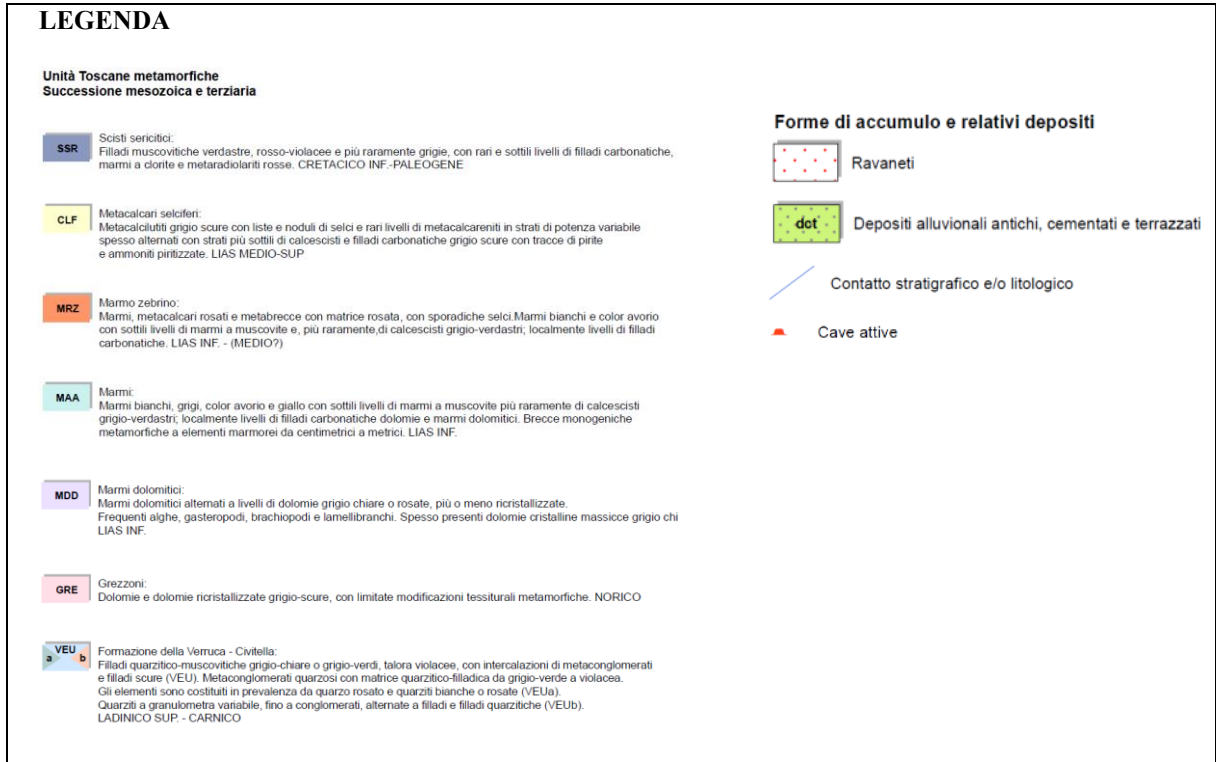
Il complesso cammino dei volumi di rocce all'interno della crosta è registrato nelle strutture di deformazione e nelle associate mineralizzazioni ora osservabili nelle Alpi Apuane.

L'area dei bacini marmiferi carraresi è caratterizzata dalla presenza dei seguenti domini stratigrafico-strutturali: Complesso Metamorfico delle Alpi Apuane costituito dall'Unità Apuana ("Autoctono" Auctt.) e dall'Unità di Massa, Falda Toscana e Unità Liguri; l'Unità Apuana e l'Unità di Massa presentano sostanzialmente lo stesso tipo di basamento paleozoico deformato e leggermente metamorfosato durante il ciclo orogenico ercinico (Carbonifero).

(...)

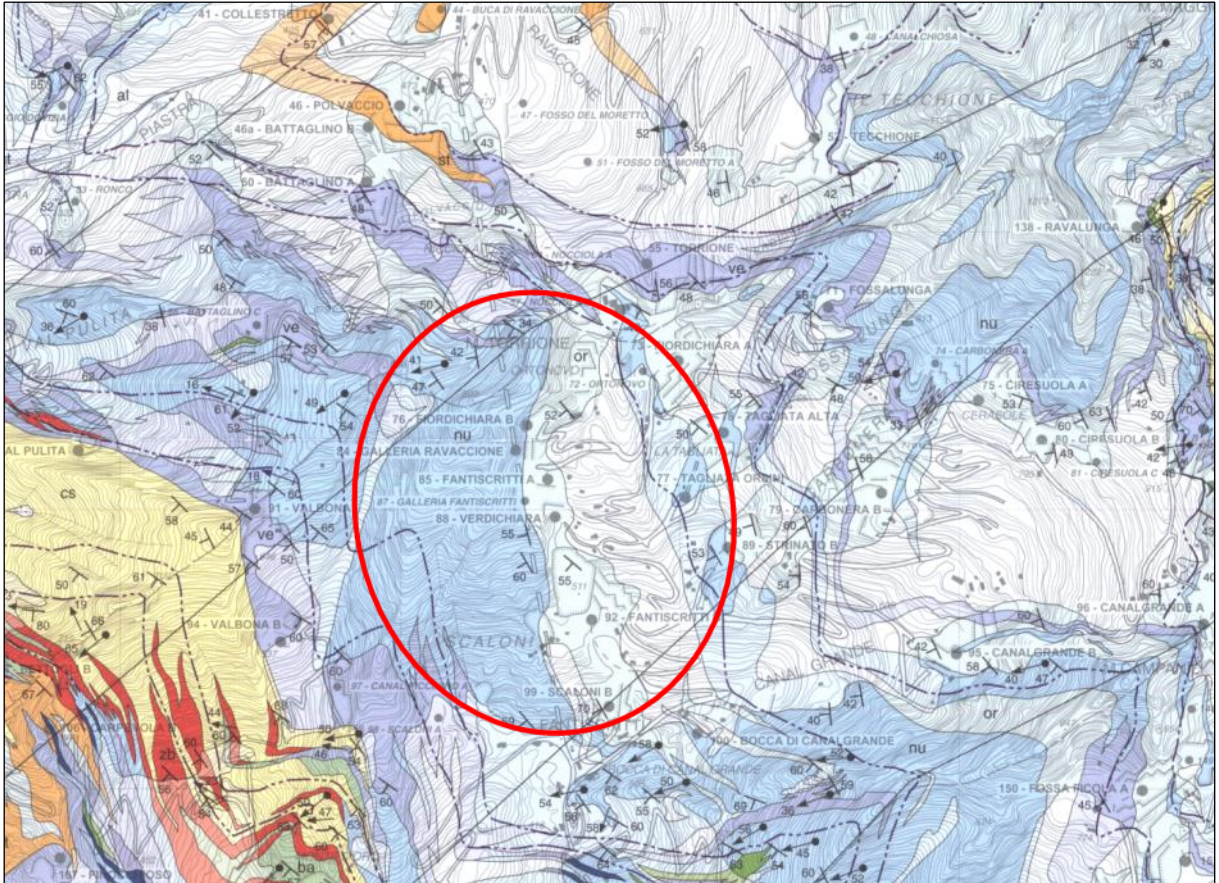
In particolare, l'area oggetto di studio si inserisce nel complesso metamorfico delle Alpi Apuane. Dal rilievo geologico di dettaglio effettuato in un intorno significativo dell'area in esame e conformemente a quanto riportato nella *Carta Geologica - Tav. Sud_G.2.2*, elaborata in supporto ai Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane redatti ai sensi della L.R. 64/2014 e del PIT-PPR, si osserva come il complesso estrattivo in esame sia stato sviluppato interamente all'interno della formazione dei "Marmi (MAA) 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.", appartenente all'Unità Toscane Metamorfiche.



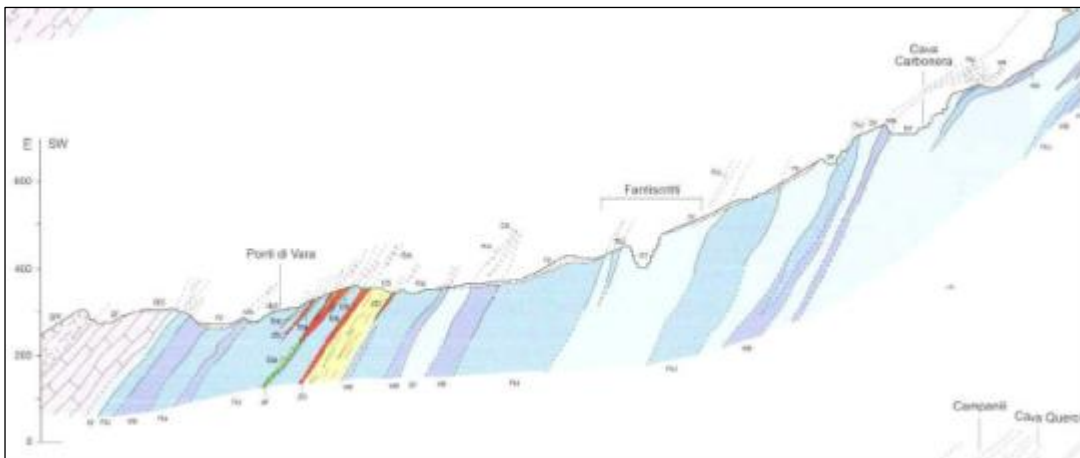


Estratto fuori scala della Tavola G.2.2 Sud “Carta Geologica” e relativa legenda per l’area di interesse, evidenziata dal cerchio di colore rosso.

Dall’esame degli elaborati che costituiscono gli “Studi conoscitivi sui bacini marmiferi industriali di Carrara” sono state estrapolate un dettaglio della cartografia giacimentologica e della sezione relativa.

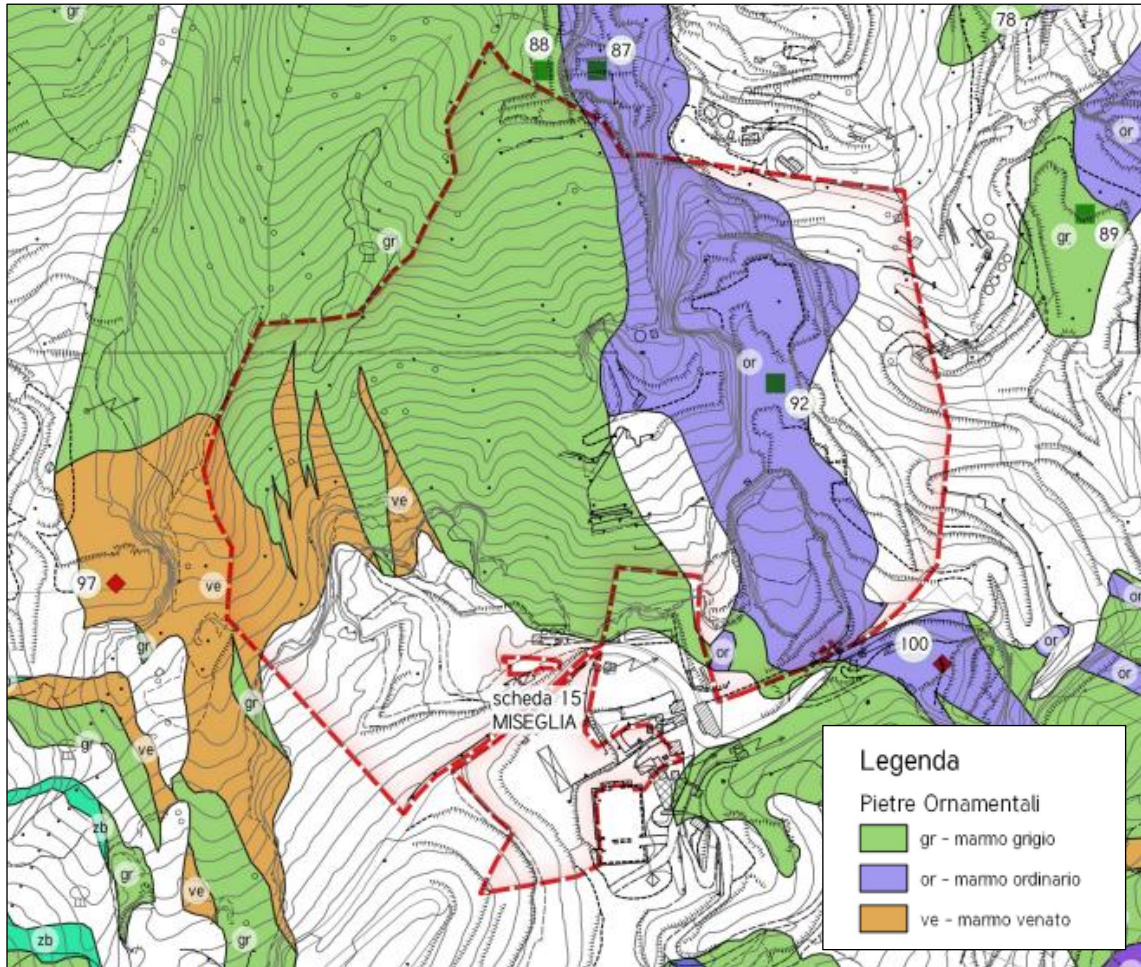


Estratto fuori scala della “Carta delle varietà merceologiche dei bacini marmiferi del carrarese”.

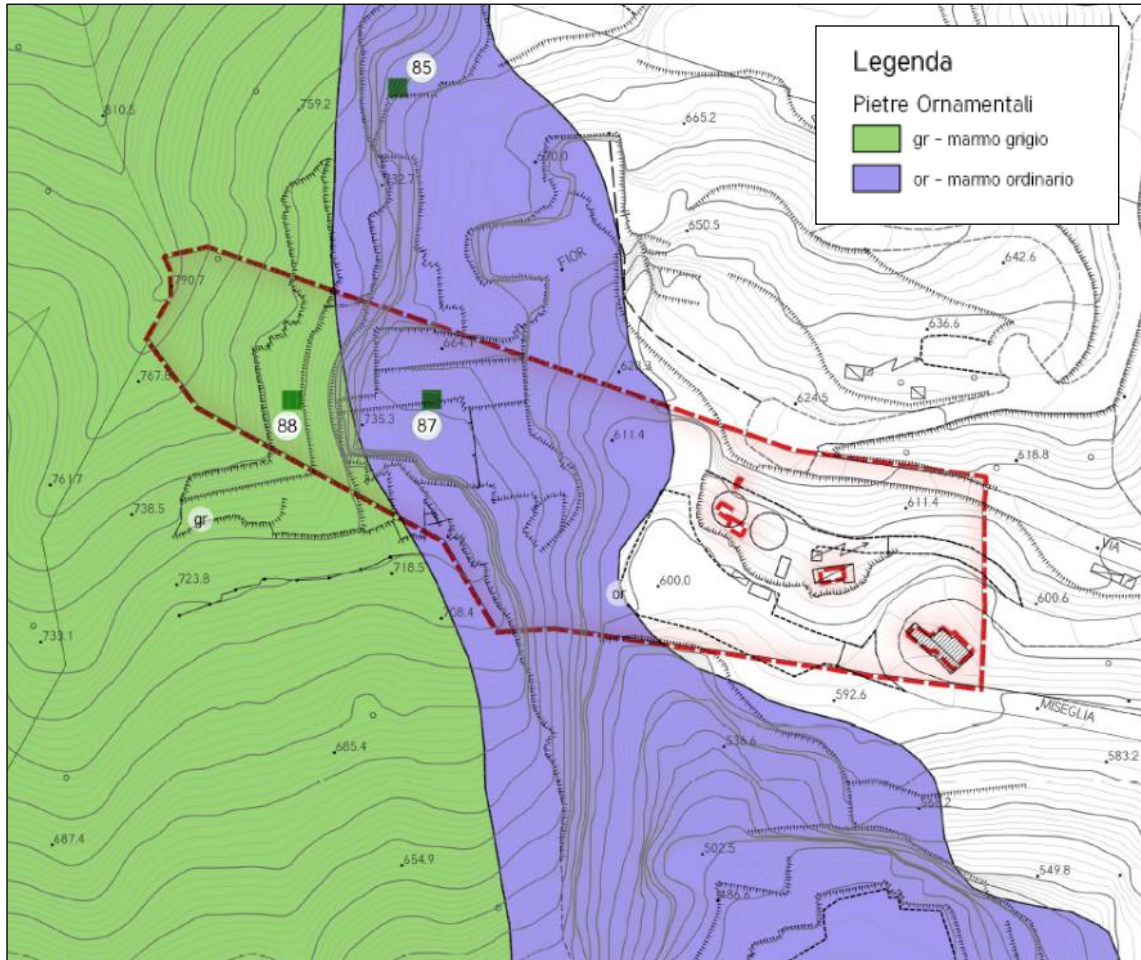


Estratto fuori scala della sezione relativa all’area di interesse tratta dalla “Carta delle varietà merceologiche dei bacini marmiferi del carrarese”.

Nella carta della merceologia delle pietre ornamentali allegata al PABE approvato, partendo da SW verso NE, si riporta la presenza in entrambe le cave di Marmi grigi e Marmi ordinari. Nella porzione più ad W della Cava n.92 si rileva la presenza anche di Marmi Venati, con intercalazioni di Marmi Grigi.



Estratto fuori scala della Carta della merceologia delle pietre ornamentali e relativa legenda per la cava "Fantiscritti B n.92", allegata al PABE approvato.



Estratto fuori scala della Carta della merceologia delle pietre ornamentali e relativa legenda per la cava “Galleria Fantiscritti n.87”, allegata al PABE approvato.

Per il presente progetto di coltivazione è stato eseguito un rilievo geologico e giacimentologico di dettaglio in modo da aggiornare le relative conoscenze in relazione allo stato di avanzamento delle coltivazioni a cielo aperto ed in sotterraneo.

A seguito di tali rilievi è stata elaborata una tavola di dettaglio e relative sezioni allegati alla presente relazione.

Come di seguito meglio specificato, nel corso del rilevamento di campagna, sono stati cartografati i “contatti” tra le diverse varietà marmoree sui fronti di cava attuali che, se da un lato agevolano il compito del rilevatore con sezioni “naturali” che geometricamente “tagliano le strutture” nelle direzioni caratteristiche del complesso metamorfico e del marmo (verso, contro e secondo), d’altro canto evidenziano una complessità strutturale alla scala metrica che “riproduce” le mega-strutture che caratterizzano il nucleo metamorfico apuano.

Visti gli scopi del lavoro, si è deciso di non scendere più di tanto nel dettaglio di carattere strutturale che avrebbe richiesto tempi e modalità di indagine diversi: la finalità è stata quella di individuare, all’interno della formazione dei “marmi s.l.” le diverse “facies” litologiche che sono il risultato del metamorfismo che ha agito su litotipi sedimentari che, per quanto coevi, si erano depositati in ambienti ed in condizioni diverse.

Quanto sopra, inteso come “differenziazione primaria” di carattere sedimentario caratteristico della piattaforma carbonatica dalla quale avranno origine i marmi s.l., trova una sua continuità e per certi aspetti accentuazione, nel regime metamorfico-strutturale (regime plastico e poi rigido) che ha accompagnato l’orogenesi appenninica e lo specifico del Complesso Metamorfico Apuano.

Fatta questa premessa, di seguito, con riferimento alla Carta Giacimentologica, verranno descritte, a maggior esplicitazione della “Legenda”, le diverse “varietà di marmo” cartografate, tenendo conto che i “contatti”, solo in parte riferibili a quelli originari, non sono passaggi netti e definiti, ma si presentano, sfumati e/o per alternanza quando non legati ad elementi strutturali (strutture minori) fortemente tettonizzati.

Un’ultima “avvertenza” per la lettura dell’elaborato, che discende direttamente da quanto sopra, è che la finalità del rilevamento è stata quella di definire e “differenziare” le diverse varietà litologiche che caratterizzano, nel contesto geostrutturale in esame, il giacimento ed in particolare la formazione dei “marmi s.l.”; la carta prodotta è quindi una Carta Giacimentologica che non prende in considerazione gli aspetti “merceologici”, che sono la risultanza di altri elementi e variabili non direttamente, o non solo, riconducibili all’assetto geologico e giacimentologico. Trovandosi quindi nella necessità di “dare un nome” a ciascun orizzonte marmoreo cartografabile e cartografato, talvolta sono state utilizzate denominazioni che possono avere assonanze con alcune delle varietà merceologico-commerciali.

Si tratta, appunto, solo di un’assonanza lessicale, che deriva esclusivamente dai fattori geologico-strutturali che caratterizzano la formazione dei “marmi sl” del complesso metamorfico nei bacini marmiferi del carrarese.

Non sono stati esaminati gli aspetti che concorrono a “dare un valore di mercato” e di conseguenza, un utilizzo dell’elaborato in tal senso (stima del valore del giacimento e/o dei materiali commerciabili escavati..etc.), sarebbe improprio e privo di qualsiasi fondamento metodologico e di merito.

Le cave in oggetto sono state impostate su un potente livello di marmo caratterizzato da una scistosità primaria immergente mediamente verso Sud-Ovest con un’inclinazione di 55° - 60°, riscontrabile in tutto il versante orografico destro della valle di Canalgrande.

Dal punto di vista merceologico è possibile distinguere in loco diverse tipologie di marmo affioranti lungo i piani di lavoro, appartenenti alle seguenti categorie:

- Bianco Carrara (“ordinario”) – Bianco C / ma prevalentemente CD
- Bianco Venato
- Marmo nuvolato (con livelli bardigliacei)

Commercialmente si distinguono tra il “Bianco Carrara”, in funzione della tonalità di bianco e delle macchie e venature grigie, due categorie: Bianco C (chiaro con rare venature e puntinatura grigia) e Bianco CD (grigiastro con frequenti venature e macchie grigie); quando le impurità grigie sono ben organizzate in venature grigie su fondo CD si individua la varietà del “Venato”; il passaggio alla varietà del “Nuvolato” si ha per compenetrazione tra le venature e le macchie grigiastre con fondo grigio; i livelli bardigliacei, poco potenti e discontinui, sono di colore grigio scuro uniforme/nero-bluaastro.

Il Bianco Carrara (o “marmo ordinario”) è un metacalcare a grana da fine a media, di colore bianco con fondo omogeneo o interessato da pirite microcristallina in forma di piccole macchie

o sottili venature determinate dalla migrazione e disposizione dei cristalli in funzione degli stress tettonici; all'aumentare delle "impurità", la cui origine risale alla fase di deposizione dei sedimenti carbonatici, si passa a marmi con tonalità che passa al grigio scuro, con locali addensamenti della venatura, per cui si passa ad un "*marmo venato*" che, negli orizzonti sovrastanti ma talvolta anche per eteropia laterale, passano ad un "*marmo nuvolato*", dove a prevalere sono le macchie grigie su fondo grigiastro che localmente passa ad un litotipo grigio-scuro (nero-bluastro) che viene definito "*marmo bardiglio*".

La distinzione tra i vari termini litologicamente (e commercialmente) sopradescritti non è facilmente cartografabile per quanto i fronti di cava, forniscano una visione che mette in evidenza proprio la complessità strutturale della zona; nella tavola allegata sono riportati i "contatti giacimentologici" ricavati da rilievi di campagna e dalle informazioni "storiche" legate all'attività estrattiva delle cave in esame.

E' stato possibile quindi definire, con accettabile approssimazione, l'andamento dell'orizzonte corrispondente a "Bianco C" che interessa la parte centrale della cava n.92: si tratta del "corso" che è stato storicamente oggetto di maggior interesse commerciale e quindi di coltivazione; seguendone l'andamento, partendo dalle quote superiori del fronte Est, la cava ha assunto l'attuale conformazione a cielo aperto e quindi, successivamente, in sotterraneo, sempre con la finalità di proseguire nello sfruttamento di questo livello marmoreo.

L'andamento del contatto "stratigrafico/merceologico" tra marmo "ordinario" e "marmo nuvolato" è ben evidente su tutta la parete che affaccia ad E del complesso estrattivo di Fantiscritti e che va dalla cava Fantiscritti B n° 92 fino alla cava cava Verdichiara n.88 ed oltre fino alla zona Fiordichiara/Torriore; la traccia di questo contatto, anche se ha un andamento non del tutto regolare è rappresentabile, mediamente, da un piano (225°/60°).

Attualmente le lavorazioni della cava 92 interessano prevalentemente livelli marmorei riferibili a Bianco CD e Nuvolato/Grigi nei quali è compreso il corso di Bianco C; proprio in ragione possibilità di poter intercettare nuovamente questo orizzonte pregiato, sono in corso riprese dall'alto (cantiere "Scaloni" e zona "Verdichiara") che interessano affioramenti di Nuvolato al di sotto del quale, con il proseguo delle lavorazioni verso il basso, dovrebbe tornare ad essere intercettato il "corso" di maggior interesse commerciale (vedi anche sezioni geologiche).

È stata verificata una corrispondenza "giacimentologica" tra quanto illustrato per l'area Fantiscritti/Scaloni.

Entrambi i cantieri e la strada che li collega alla viabilità pubblica, mostrano affioramenti di "nuvolato", tra l'altro intensamente fratturato ("cappellaccio"), che si raccordano, fatte salve locali variazioni, con i rilievi di cui sopra; nella documentazione fotografica che segue si ha l'evidenza di quanto detto, confermando il carattere dei lavori in corso come preparatori, e quindi, al momento, limitatamente produttivi.

Il rilievo ha avuto inizio dall'ampio anfiteatro corrispondente al cantiere inferiore e al cantiere zucchetto della cava "Fantiscritti B n.92".



Immagini fotografiche del cantiere inferiore della cava "Fantiscritti B n.92".

Lungo la parete occidentale del cantiere inferiore è possibile individuare marmi nuvolati e grigi posti superiormente al corso di marmi bianchi ordinari di tipo C e C/D.

Il passaggio graduale e sfumato è individuabile a partire dalla base della porzione meridionale della parete e salendo lungo la stessa verso N a quote via via superiori.

L'impostazione dei vecchi fronti della cava posti alle quote superiori è direttamente determinata dall'andamento del corso di marmo della qualità migliore, andando a realizzare il profondo canale oggi presente.

Il passaggio prima descritto si ritrova, ancora più sfumato, lungo i fronti che contornano il cantiere verso nord ed est.

Lungo la porzione più meridionale del fronte orientale tornano ad affiorare in modo netto le qualità più bianche, presenti anche lungo i ripiani più bassi attualmente in lavorazione.



Immagine fotografica della porzione apicale del fronte che contorna il cantiere inferiore della cava "Fantiscritti B n.92" verso ovest. È possibile notare lungo le superfici di taglio il passaggio tra le qualità più scure sopra (nivolato e grigio) e le qualità più chiare sotto (bianco ordinario C e C/D).



Immagine fotografica del fronte che contorna il cantiere inferiore della cava "Fantiscritti B n.92" verso est.

Lungo il cantiere zucchetto sono individuabili le qualità di marmo più scure e il passaggio alle qualità più chiare risulta evidente solo lungo la porzione più meridionale del cantiere.



Immagini fotografiche del fronte che contorna il cantiere inferiore della cava verso est. Al centro della foto si scorge il cantiere zucchetto.



Immagine fotografica della qualità di marmo più chiara affiorante lungo la porzione meridionale del cantiere zucchetto.

Per raggiungere i cantieri altimetricamente superiori si deve percorrere la strada completamente in roccia di recente realizzazione. Lungo i tagli stradali è possibile evidenziare quasi esclusivamente la presenza delle qualità di marmo grigio e nuvolato.

Solo in corrispondenza dell'imbocco dei piazzali attualmente in lavorazione del cantiere Scaloni si rileva un affioramento limitato di marmo venato.

Questo corso di marmo è, molto probabilmente, il motivo per cui in passato è stata aperta la cava Scaloni B e in particolare la galleria residuale oggi completamente riempita da materiale detritico.

I marmi venati individuati lungo i fronti del cantiere Scaloni sono probabilmente correlabili agli analoghi affioramenti presenti all'interno della vecchia cava Scaloni A, posta all'imbocco della

viabilità di recente realizzazione prima descritta e, a oggi, completamente riempita da materiale detritico.



Immagini fotografiche dei fronti lungo la viabilità di arroccamento ai cantieri superiori.

I nuovi fronti di coltivazione aperti nel cantiere Scaloni evidenziano la presenza di qualità di marmo prevalentemente grigie.

Lungo la parte settentrionale dei ripiani attualmente in coltivazione in questo cantiere è possibile evidenziare il graduale passaggio alle qualità più bianche sottostanti.

Proseguendo lungo la strada di arroccamento, completamente all'interno degli affioramenti dei marmi delle qualità bardiglio e grigio, si raggiungono i fronti del cantiere superiore a confine con la cava Verdichiara.

Anche questo cantiere si sviluppa all'interno dei marmi grigio e nuvolato.



Immagine fotografica del fronte presente all'inizio del cantiere Scaloni B in cui risulta ben evidente la qualità del marmo venato presente.





Immagini fotografiche dei fronti del cantiere Scaloni B.



Immagini fotografiche dei fronti della cava Verdichiara



Immagine fotografica della qualità di marmo affiorante lungo i fronti in coltivazione all'interno della cava Verdichiara.

La galleria della cava “Galleria Fantiscritti n.87” è caratterizzata dalla presenza di marmo ordinario C e C/D, alternato a livelli di marmi nuvolati e grigi. Tale giacitura risulta piuttosto regolare.



Immagini fotografiche della galleria della cava “Galleria Fantiscritti n.87”



Immagine fotografica della galleria della cava “Galleria Fantiscritti n.87”

Le due gallerie presenti nella cava “*Fantiscritti B n.92*” sono state sviluppate lungo i fronti che delimitano verso E e verso W l’ampio anfiteatro presente.

Il sotterraneo orientale è caratterizzato da un modesto sviluppo in direzione E di circa 30 m.



Immagine fotografica della galleria orientale della cava “Fantiscritti B n.92”



Immagine fotografica ripresa da drone dell'ingresso della galleria orientale della cava "Fantiscritti B n.92"

La piccola galleria si sviluppa completamente nei marmi ordinari con fondo grigiastro ed è caratterizzata da una fratturazione molto spinta.

Il sotterraneo occidentale ha uno sviluppo più ampio rispetto al precedente, verso W e N.



Immagine fotografica della galleria occidentale della cava "Fantiscritti B n.92"



Immagine fotografica della galleria occidentale della cava "Fantiscritti B n.92"



Immagine fotografica della galleria occidentale della cava "Fantiscritti B n.92"

La galleria occidentale si sviluppa lungo gli affioramenti dei marmi ordinari.



Immagine fotografica ripresa da drone dell'ingresso della galleria occidentale della cava "Fantiscritti B n.92"

3.3 - IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Come già citato in precedenza l'area in esame si trova in una zona tipicamente montana, caratterizzata dalla presenza di aste idriche e fossi secondari, affluenti del Fiume Carrione, che si colloca più in generale nell'ampio bacino dell'Alto Tirreno fra Magra e Serchio.

A grande scala il sito oggetto di interventi è ubicato infatti in destra idrografica del Torrente Carrione, il quale, dopo aver attraversato la località "Ponte di Vezzala" alle porte del centro abitato di Carrara, alla quota di circa 140m s.l.m. si unisce al Fosso Torano dando origine al Fiume Carrione.

Le aste idriche ed i fossi rilevati in un intorno significativo dell'area in esame non presentano un regime perenne, ma sono caratterizzate da un regime di alimentazione discontinuo e stagionale, con alternanza da prevalenti periodi di magra a periodi a regime torrentizio, soprattutto in concomitanza con eventi pluviometrici particolarmente intensi e duraturi.

Inoltre, il particolare assetto geomorfologico attuale rende particolarmente difficoltosa la definizione dell'andamento/scorrimento delle acque di ruscellamento superficiale, che tendono ad infiltrarsi soprattutto laddove la natura granulometrica dei depositi antropici diventa più grossolana e in presenza di cavità carsiche.

L'assetto idrogeologico nell'area in interesse, e come più in generale per l'intero complesso delle Alpi Apuane, è infatti fortemente condizionato dalla prevalente natura carbonatica delle rocce affioranti.

Tale aspetto è fondamentale per l'incertezza nella definizione del bacino idrogeologico ed idrografico; è presumibile, infatti, che gli spartiacque superficiali non svolgano un ruolo effettivo ed efficace per delineare la reale circolazione delle acque sotterranee e che, per l'intero

comparto estrattivo del Comune di Carrara, il bacino idrogeologico ad esso riferibile trovi alimentazione anche da rilievi ed affioramenti carbonatici posti a notevole distanza.

Al fine di ottenere una comprensione maggiore viene presa a riferimento la *Carta idrogeologica - Tav. Sud D4.2*, elaborata a corredo dei Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane per il Comune di Carrara, di cui si riporta in seguito uno stralcio fuori scala per l'area di studio. Come ampiamente descritto nel paragrafo precedente, dal punto di vista litologico, nel sito in esame si rilevano Marmi.

Tale formazione è caratterizzata da una “permeabilità di tipo secondario” per fratturazione e, solo localmente, per carsismo.

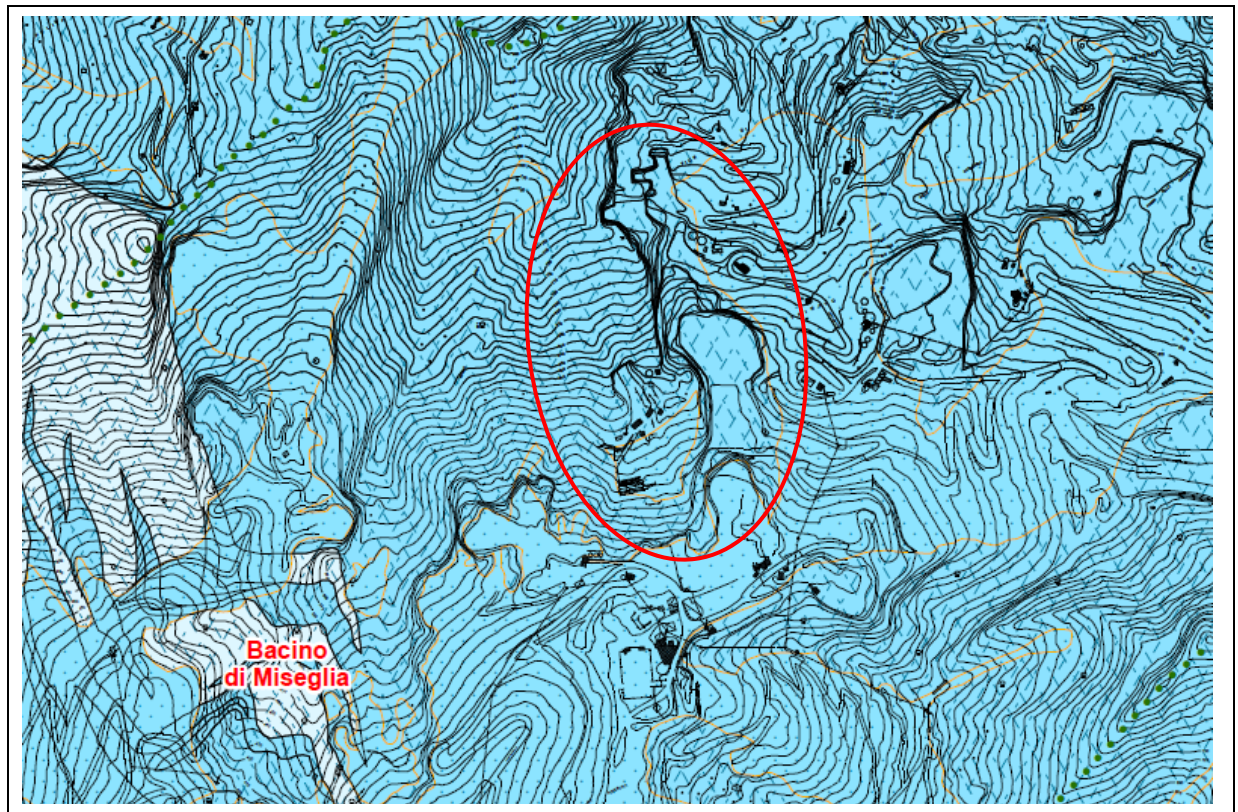
Queste rocce presentano infatti un grado di fratturazione sia superficiale che profondo più o meno spinto, in funzione delle loro caratteristiche strutturali.

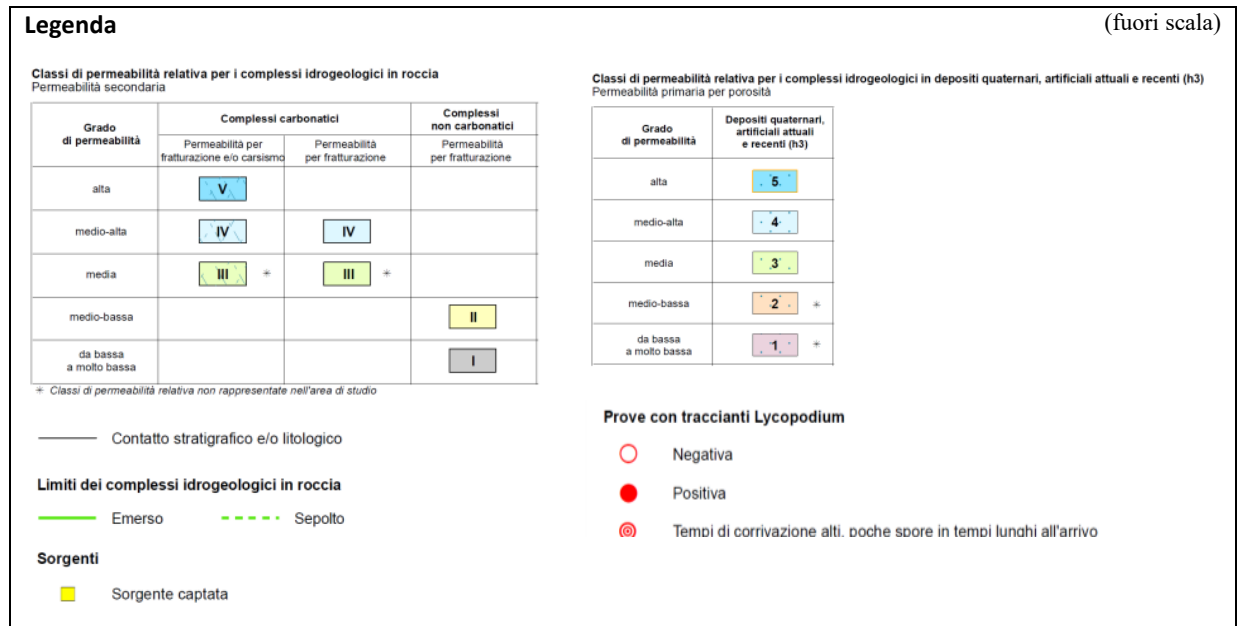
I fenomeni carsici nell'area complessiva non sono così diffusi e sistematici e quindi non è possibile classificare le rocce come altamente permeabili per carsismo.

Risulta corretto indicare un'elevata permeabilità secondaria per carsismo solo in presenza ed in corrispondenza di cavità carsiche con caratteristiche morfologiche tali da permettere l'assorbimento di quantità d'acqua importanti e con conseguente realizzazione di un collegamento diretto e rapido con la falda acquifera di base.

Lungo i fronti oggetto di rilievo non sono stati individuati particolari fenomeni e forme carsiche e tantomeno cavità caratterizzate dalle particolarità prima esposte.

La configurazione prima illustrata, riconducibile a un grado di infiltrazione medio-elevato (evidenziato in figura con una colorazione azzurra/blu), determina la quasi totale assenza di acque di ruscellamento superficiale, rilevabili esclusivamente in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi.





Estratto fuori scala della "Carta idrogeologica - Tav. Sud_D4.2" e relativa legenda per l'area di interesse, evidenziata nella forma di colore rosso.

Nelle aree interessate dai processi estrattivi e dall'accumulo dei materiali di scarto, le fratture presenti risultano riempite di materiale terroso e quindi è possibile riscontrare una decisa diminuzione del grado di permeabilità delle stesse a favore del ruscellamento superficiale. Per le aree ricoperte da ravaneti invece viene individuato un grado di permeabilità medio-elevato; le acque di infiltrazione tendono quindi a ruscellare/scorrere al contatto con il substrato roccioso.

Il sistema idrogeologico di Carrara (sezioni CTR 249060 e 249100 della Regione Toscana) corrisponde in gran parte al bacino idrografico del Torrente Carrione, ha un'area di alimentazione che si estende per circa 20km² e le emergenze sono concentrate prevalentemente nell'area di Torano e nei pressi di Miseglia.

Il sistema è impostato prevalentemente sui Grezzoni, i Marmi s.l. ed i Calcari selciferi della sinclinale di Carrara.

Una soglia di permeabilità definita dai complessi a bassa permeabilità dell'Unità di Massa limita il sistema a S e crea le condizioni per la presenza delle sorgenti del gruppo di Torano e delle Canalie.

Recenti studi idrogeologici di dettaglio di carattere idrostrutturale e idrochimico-isotopico (Doveri, 2005) e prove effettuate con traccianti naturali (Baldi, 2004) hanno permesso di suddividere il sistema idrogeologico in quattro sotto-sistemi:

- il sotto-sistema Carbonera-Tana dei Tufi, la cui area di alimentazione comprende pressoché tutto il bacino del canale Porcinaccia. I punti di recapito sono costituiti dalle sorgenti Carbonera, Q_{media}=50 l/s, e Tana dei Tufi, Q_{media}=60 l/s;
- il sotto-sistema Gorgoglio-Pizzutello, la cui area di alimentazione si estende nel bacino del canale La Piastra. Le principali emergenze sono definite dalle sorgenti Gorgoglio (Q_{media}=40 l/s), Pizzutello (Q_{media}=30 l/s) e Sponda 2 (Q_{media}=45 l/s). Non si escludono zone di trasferimento verso l'acquifero alluvionale;

- il sotto-sistema delle Canalie, drenato dalle due sorgenti Ratto Superiore (inserita nella rete di monitoraggio ARPAT, codice MAT-S034) e Ratto Inferiore ($Q_{media}=180$ L/s per entrambe le sorgenti) e dalle sorgenti Pero Inferiore ($Q_{media}=40$ l/s), Polla della Martana ($Q_{media}=40$ l/s), Ospedale Superiore ($Q_{media}=10$ l/s) e Ravenna ($Q_{media}=10$ l/s);

- il sotto-sistema Pero Superiore, il cui recapito è costituito dalla sorgente Pero Superiore.

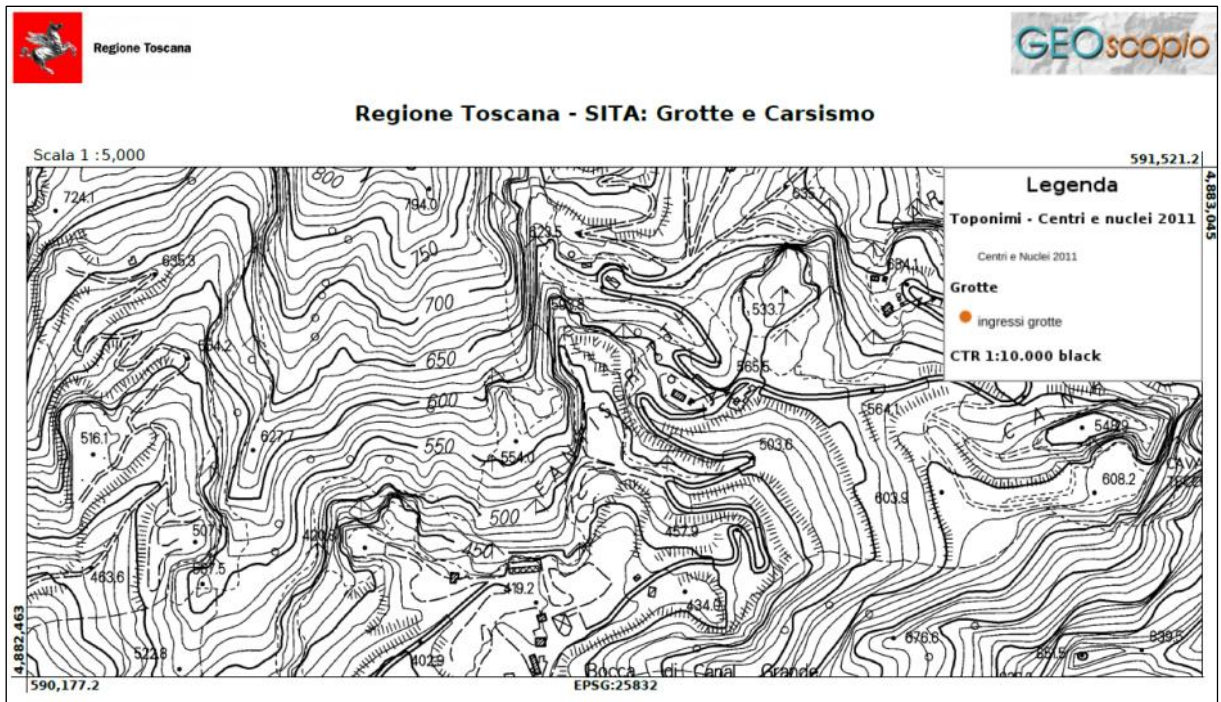
Quasi tutte le sorgenti del sistema idrogeologico sono captate per scopi idropotabili e sono dotate di strumentazione per la misurazione delle sole portate immesse nella rete di distribuzione, conseguentemente non sono note le portate relative ai picchi di piena (Piccini in AA.VV., 2002a; Doveri, 2005).

Il limite settentrionale dell'area di alimentazione con il sistema delle sorgenti di Tenerano e quello occidentale, con il sistema della sorgente del Cartaro (cui è associato il sistema di Colonnata), è definito sulla base di considerazioni idrostrutturali e idrochimiche-isotopiche (Doveri, 2005).

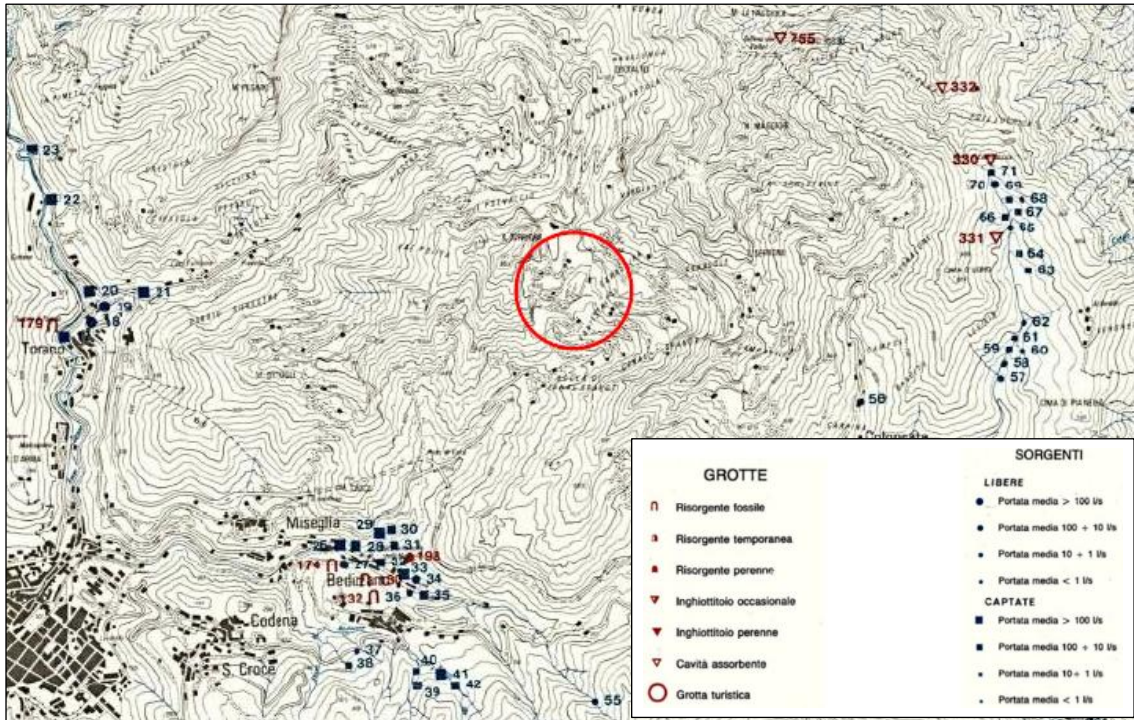
Le cavità carsiche nel bacino del Torrente Carrione non sono numerose, poste a notevole distanza dall'area estrattiva delle cave in esame, e presentano tutte dislivelli contenuti. Tra le più importanti della zona ricordiamo l'Abisso Paperoga (T/MS 1465, -100 m), l'Antro del Sagro (T/MS 284, -55 m) e il Tanone di Torano (T/MS 179, -36 m).

Anche la "Carta delle grotte e delle sorgenti delle Alpi Apuane" (Gruppo Nazionale per la difesa delle catastrofi idrogeologiche, scala 1:25.000) conferma l'assenza, in corrispondenza dell'area in cui è ubicata il comparto estrattivo in esame, e in un suo significativo intorno, di cavità naturali che possano essere potenzialmente interessate dalle lavorazioni di cava.

Quanto detto è confermato anche dallo stralcio della cartografia "SITA: Grotte e Carsismo", così come consultabile nel sito GEOSCOPIO della Regione Toscana, all'indirizzo web: ww502.regione.toscana.it/geoscopio/grotte_e_carsismo.



Stralcio fuori scala estrapolato dal geoportale Geoscopio della Regione Toscana; nell'intorno significativo del sito estrattivo in esame non si rilevano forme carsiche.



Estratto fuori scala della “Carta delle grotte e delle sorgenti delle Alpi Apuane” e relativa legenda per l’area di interesse, evidenziata dal cerchio di colore rosso.

Pertanto, nelle immediate adiacenze dell’area delle cave n.88 e n.92 non sono rilevabili sorgenti o emergenze idriche significative, se non quelle presenti in località Canale e Torano; non sono presenti altresì grotte naturali, cavità, inghiottitoi o qualsiasi altro segno morfologico che possa lasciar supporre la presenza di fenomeni legati ad un carsismo ben sviluppato.

In base alle caratteristiche litologiche, tessiturali e geomeccaniche delle rocce dell’Unità Apuana affioranti, gli studi eseguiti dal Centro di GeoTecnologie dell’Università degli Studi di Siena, per conto della Regione Toscana (Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell’acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d’Oltre Serchio e S.Maria del Giudice), per valutare la vulnerabilità degli acquiferi carbonatici affioranti, sono state individuate tre classi principali di permeabilità (vedi tabella sottostante):

- Formazioni ad alta permeabilità per fratturazione e localmente per carsismo (Marmi s.l.);
- Formazione a medio-alta permeabilità per fratturazione e localmente per carsismo (Calcari Selciferi, Marmi dolomitici, Grezzoni);
- Formazioni con permeabilità per fratturazione da bassa a molto bassa (Filladi, Porfiroidi, Scisti, ecc).

Grado di permeabilità relativa	Complessi idrogeologici carbonatici permeabili per fratturazione e localmente per carsismo	Complessi idrogeologici carbonatici permeabili per fratturazione
V	MAA	--
IV	MAI, MAS, CCA, ENT, CLF, MDD, GRE, MNI	--
III	STO3, RET, MCP	SVL, LIM, RSA, ANL
II	--	CGV

Attribuzione del grado di permeabilità relativa ai complessi idrogeologici carbonatici (da C.G.T. 2007)

[*Legenda: Scaglia Toscana Calcareniti di Montegrossi (STO3); Maiolica (MAI); Calcari Selciferi Val di Lima (SVL); Calcare Selcifero di Limano (LIM); Rosso Ammonitico (RSA); Calcari ad Angulati (ANL); Calcare Massiccio (MAS); Calcare Rhaetavacula (RET); Calcare Cavernoso (CCA); Cipollini (MCP); Calcari Selciferi Entrochi (ENT); Calcari selciferi (CLF); Marmi (MAA); Marmi Dolomitici (MDD); Grezzoni (GRE); Marmi a Crinoidi (MNI); Calcari di Groppo del Vescovo (CGV).*]

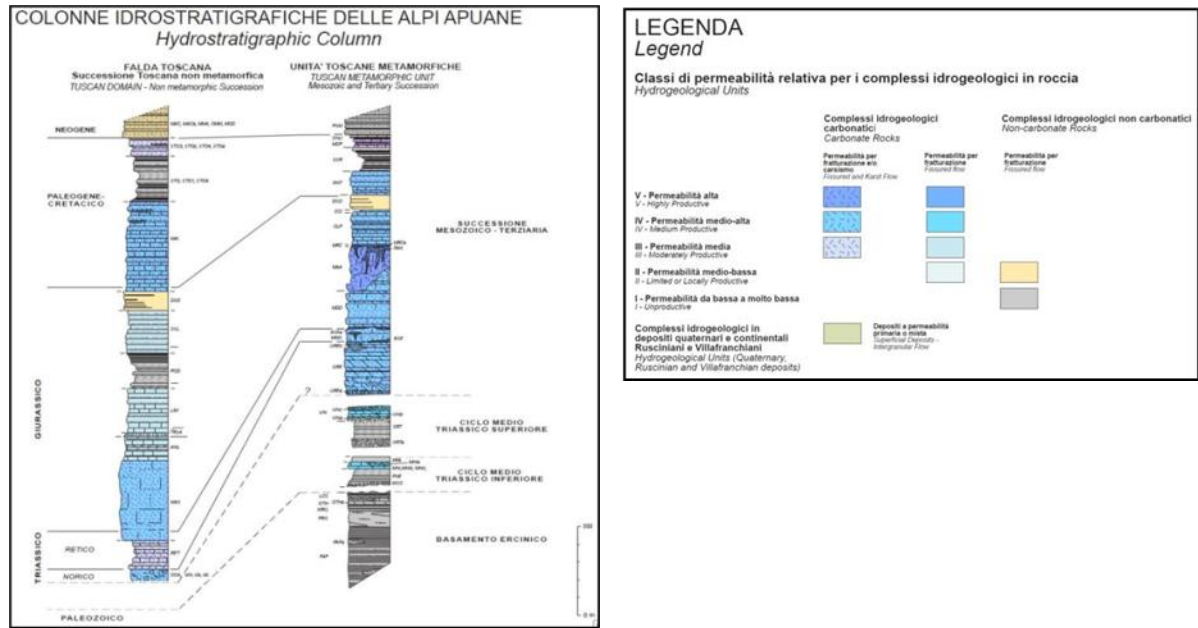
Per i complessi idrogeologici non carbonatici è stata elaborata la classificazione indicata nella tabella seguente.

Complessi idrogeologici non carbonatici permeabili per fratturazione	
Grado di permeabilità relativa	
I	II
FNE, SSR, SRT, VINa, STO, PRS, FAF POD	CCVc, OTO, ACCa, ARB, GOT, DSDa, DSD, MAC, PSM

Attribuzione del grado di permeabilità relativa ai complessi idrogeologici non carbonatici (Da: C.G.T. 2007)

[*Legenda: Macigno (MAC); Scaglia Toscana argilliti (STO); Diaspri (DSD); Marne a Posidonia (POD); Pseudomacigno (PSM); Scisti Sericitici (SSR); Diaspri (DSDa), Filladi quarzitiche (SRT); Filladi muscovitiche (FNE); Filladi inferiori (FAF); Porfiroidi e scisti porfirici (PRS); Filladi della Formazione di Vinca (VINa); Breccie ad elementi ofiolitici (CCVa); Flysch di Ottone (OTO); Argille e calcari di Canetolo (ACCa); Arenarie di Ponte Pratica (ARB); Arenarie del M. Gottero (GOT).*]

A queste va aggiunta una quarta classe caratterizzata da una permeabilità in grande per porosità, di cui fanno parte tutti gli accumuli detritici (ravaneti), strettamente legata alle loro caratteristiche granulometriche e tessiturali; in genere queste coltri di detrito con elevato coefficiente d'infiltrazione, hanno la funzione di trattenere l'acqua di precipitazione e di restituirla gradualmente al substrato.



Colonne idrostratigrafiche relative alle serie idrogeologiche principali presenti nel CISS-AP.

Nella zona del comparto estrattivo in oggetto affiora esclusivamente marmo che, pur potendolo classificare in base alle tabelle sopra riportate come caratterizzato da un'alta permeabilità per fatturazione, non presenta forme di carsismo superficiale sviluppato.

Nella figura precedente si riportano le colonne idrostratigrafiche relative alle serie idrogeologiche principali presenti nel CISS-AP.

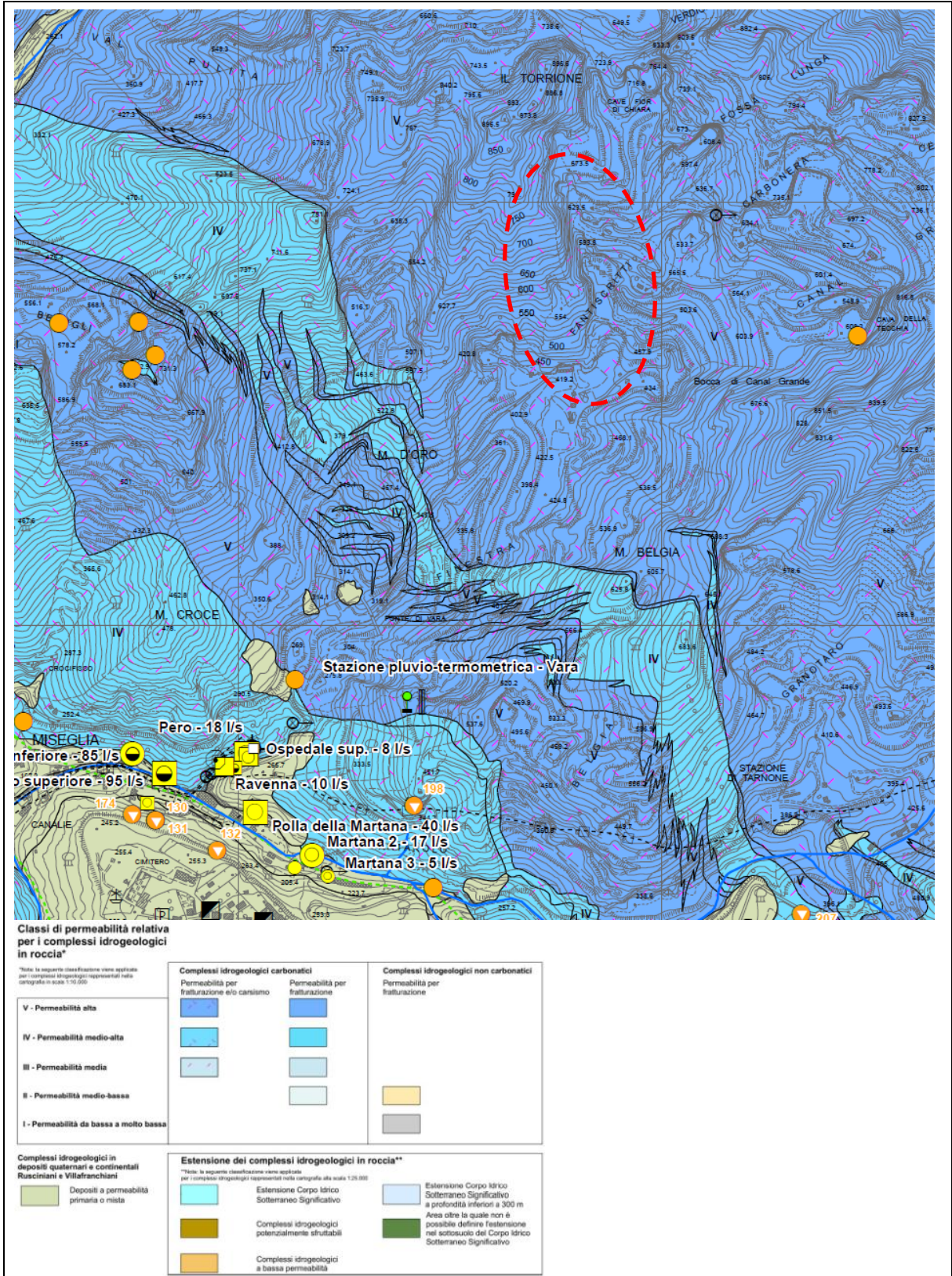
In questo acquifero il deflusso sotterraneo viene guidato solo localmente dall'andamento della superficie di base impermeabile. Questa superficie, a causa del complesso assetto strutturale delle Alpi Apuane, è individuata a quote molto diverse, anche sotto il livello del mare. Quindi la circolazione in grande è essenzialmente dovuta alla differenza di quota tra il fondo delle valli del versante N - E e quello delle valli del versante S - W, che determina un deflusso di base prevalente da N - E a S - O.

Le coltivazioni all'interno della cava in esame non interessano, quindi, direttamente la falda che si trova sicuramente a quote molto più basse.

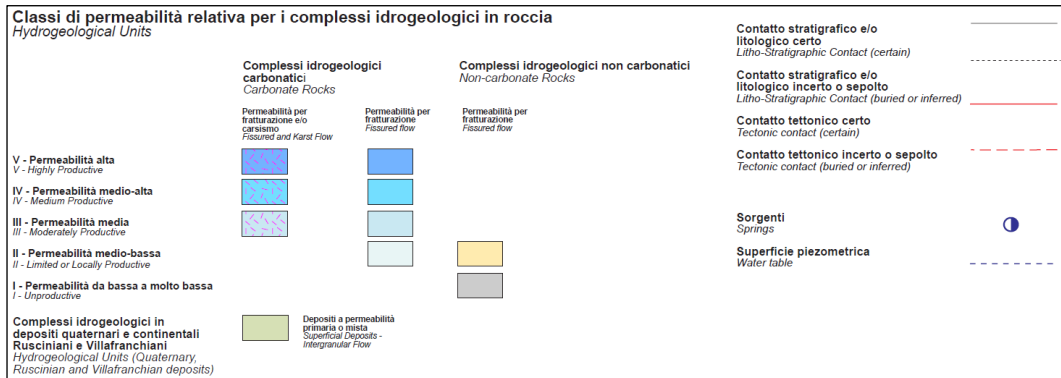
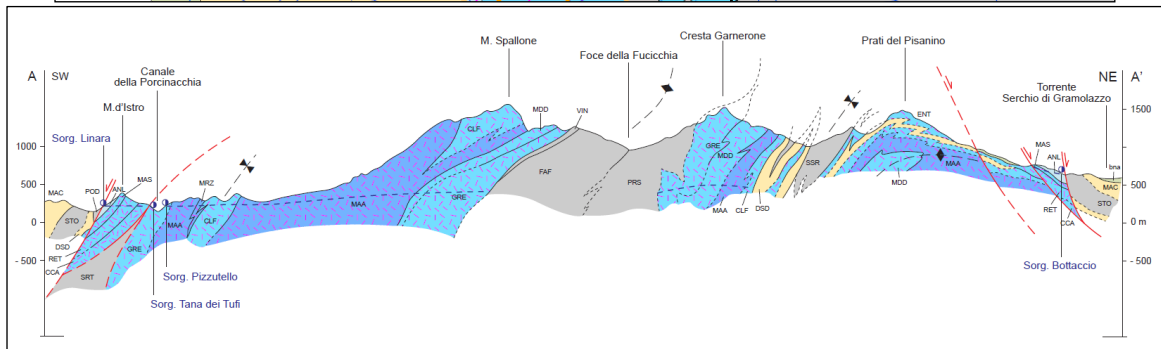
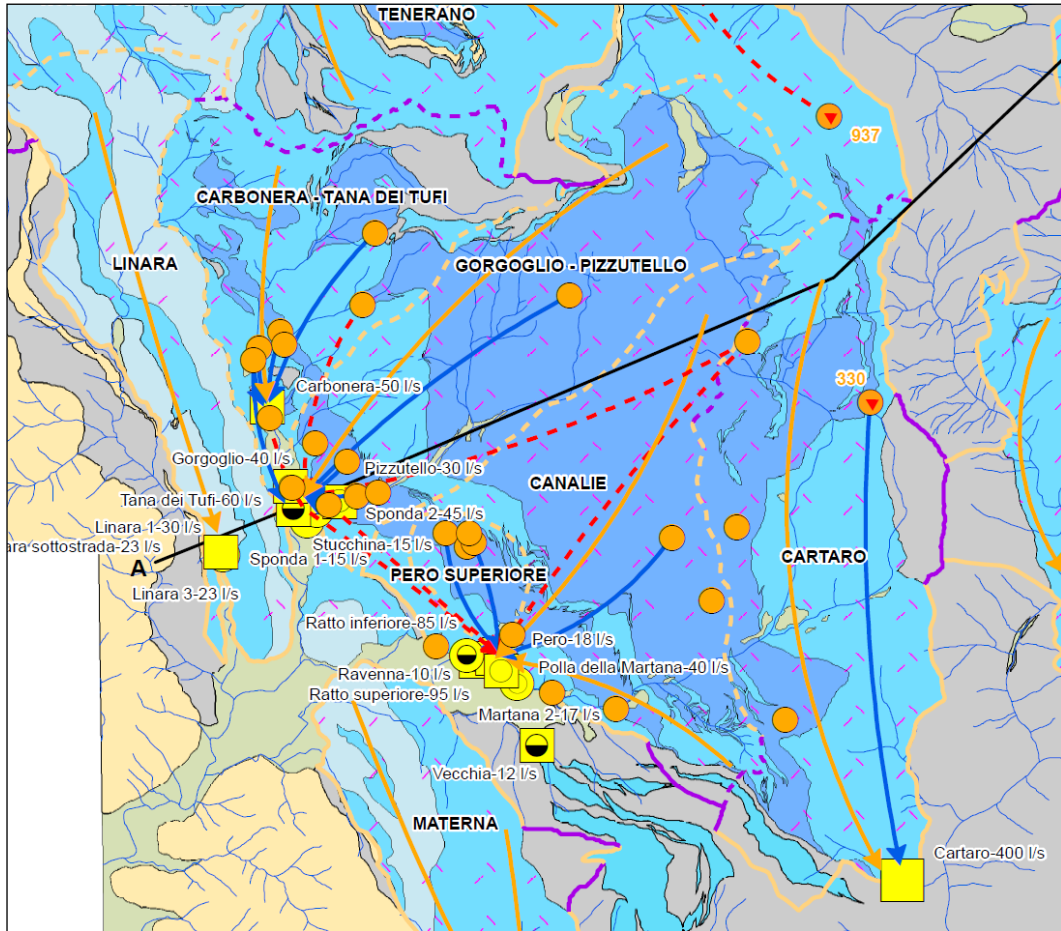
All'interno dello "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane" viene effettuata anche una valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento.

Tale dominio di studio è stato scelto sia per la disponibilità di dati sia per le note problematiche relative alla protezione della risorsa idrica (fenomeni di intorbidamento delle sorgenti e inquinamento da idrocarburi) che lo rendono un'area particolarmente a rischio.

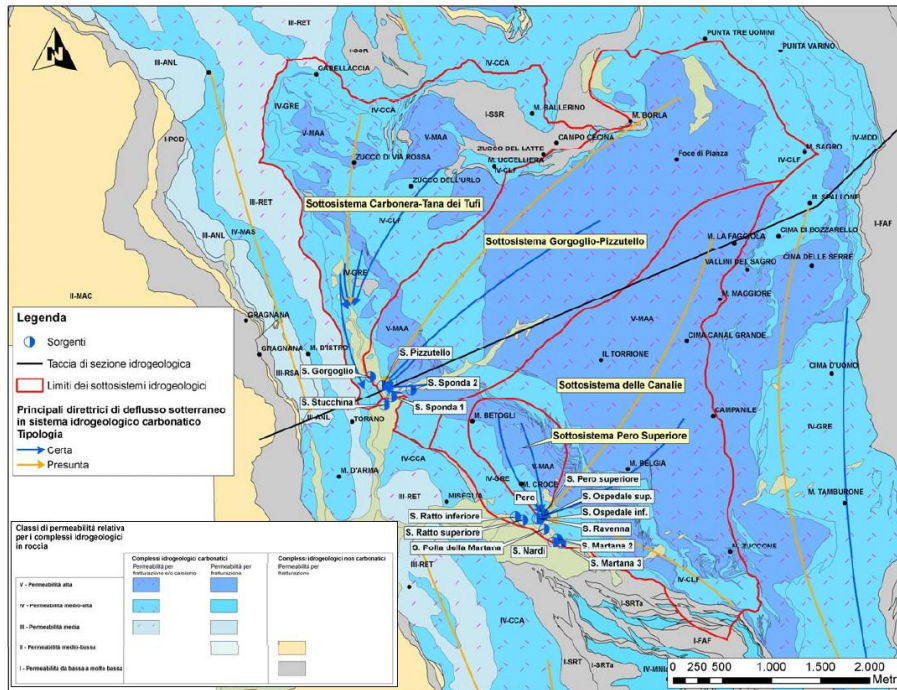
Di seguito si riporta un breve riassunto di tale studio.



Estratto fuori scala dalla Carta idrogeologica - Corpo Idrico Sotterraneo Significativo delle Alpi Apuane e relativa legenda per l'area di interesse, evidenziata nella forma di colore rosso.



Estratti non in scala dell'allegato 9a "Carta delle aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici" e 9b "Sezioni idrogeologiche" allo "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane".



Schematizzazione del sistema idrogeologico di Carrara tratta dallo "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane"

(...)

Il sistema idrogeologico di Carrara si estende in una zona intensamente antropizzata in cui le principali fonti di inquinamento sono da imputarsi all'intensa attività estrattiva presente nell'area. Allo stato attuale risultano attive 90 cave (Comune di Carrara, 2001) concentrate su di un'area estesa circa 2000 ha. La maggior parte delle cave (73.3%) viene coltivata a cielo aperto, le restanti (26.7%) sono coltivate in sotterraneo.

Secondo i dati disponibili (Comune di Carrara, 2001) le possibili fonti di inquinamento delle acque sotterranee sono essenzialmente due:

- eccessiva presenza di solidi sospesi ("marmettola");
- presenza di idrocarburi.

La "marmettola" è il residuo fine risultante dalla lavorazione dei marmi. L'aumento della sua concentrazione nelle acque, soprattutto in occasione di forti precipitazioni, può determinare fenomeni di intorbidamento delle sorgenti, determinando un peggioramento della qualità delle acque delle sorgenti, rendendole talvolta inutilizzabili. L'inquinamento da marmettola è dovuto principalmente ad una cattiva gestione degli scarti di cava accumulati in giganteschi ravaneti che caratterizzano i versanti carraresi.

L'altra fonte d'inquinamento è rappresentata dagli sversamenti accidentali di idrocarburi in cava che talvolta raggiungono le acque sotterranee: la presenza degli idrocarburi nei siti estrattivi è da imputarsi all'utilizzo, iniziato negli anni '50, di mezzi meccanici quali camion, tagliatrici a filo diamantato e a catena, macchine da movimentazione, etc. In passato si sono registrati alcuni incidenti (due nel 1991 e due nel 2001, Comune di Carrara, 2001) che hanno causato la chiusura delle sorgenti di approvvigionamento idropotabile. Il monitoraggio iniziato da parte della locale ASL nel 1991 e l'obbligo di smaltimento degli olii usati presso il Consorzio Obbligatorio a partire dal 1988 hanno ridotto in maniera sensibile la possibilità di incidenti e di inquinamento delle acque sotterranee da parte degli idrocarburi.

Per eseguire la valutazione della vulnerabilità è stato utilizzato il metodo COP.

Il metodo COP è un metodo parametrico a punteggi e pesi, basato su tre fattori principali (parametri) calcolati secondo uno schema ben definito, per la definizione di un indice di vulnerabilità intrinseca ottenuto moltiplicando i tre fattori suddetti:

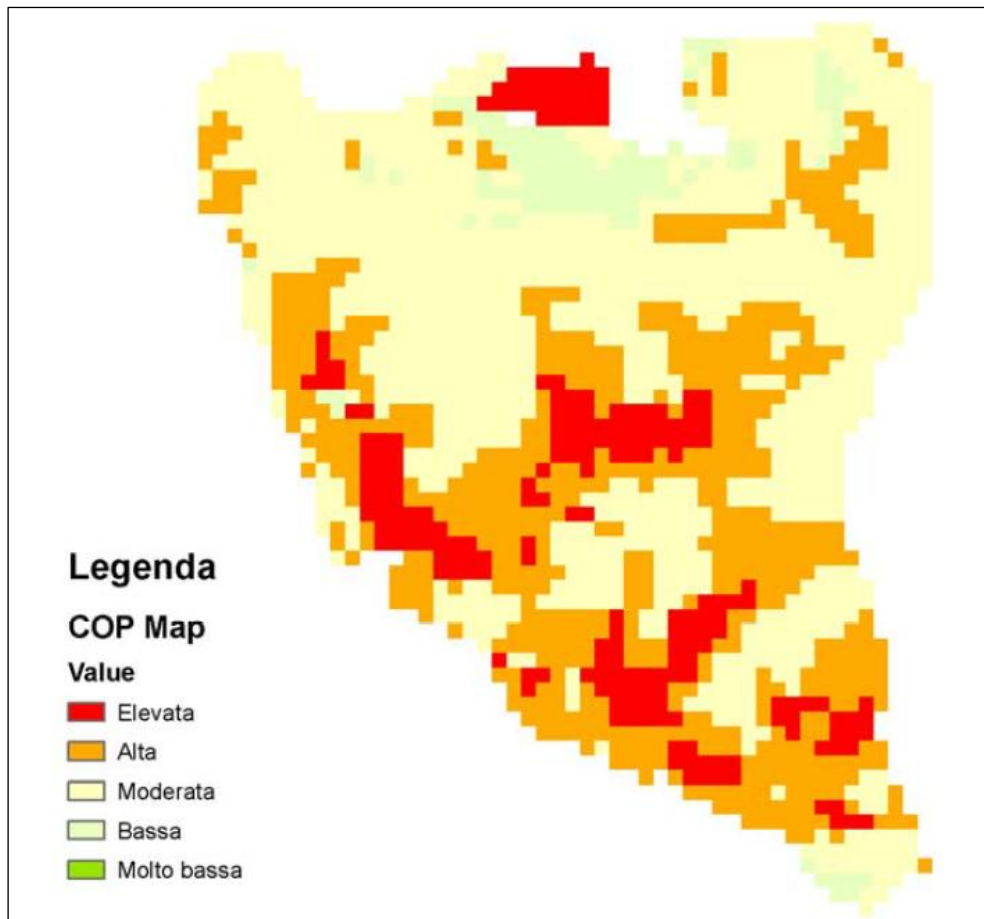
$$COPIndex = C * O * P$$

I tre fattori (da cui l'acronimo COP) sono:

- Processi di infiltrazione (flow Concentration);
- Copertura (Overlying layers);
- Precipitazioni (Precipitation).

Tale metodologia permette di stimare il grado naturale di protezione dell'acquifero (**Fattore O**), determinato dalle proprietà dei suoli e delle litologie costituenti la zona non satura, e valutare come questa protezione possa essere modificata dai processi di infiltrazione (diffusa o concentrata, **Fattore C**) e le condizioni climatiche (precipitazioni, **Fattore P**).

Il fattore C prende in considerazione la presenza di fenomeni carsici come doline o inghiottitoi (swallow hole) e la loro area di alimentazione come elementi che diminuiscono la protezione fornita naturalmente dagli strati che costituiscono la zona non satura, valutata nel fattore O. Il fattore P, infine, prende in considerazione l'effetto delle precipitazioni e della loro variabilità spaziale e temporale (in termini di quantità e intensità) nella riduzione del fattore O.



Mappa della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento secondo il metodo COP tratta dallo "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico sotterraneo significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane".

Una volta calcolati i tre fattori è stata calcolata la distribuzione dell'indice COP; la seguente mostra la variazione dell'indice di vulnerabilità intrinseca nel sistema idrogeologico in esame. Sebbene le classi di vulnerabilità in cui è suddiviso l'indice COP siano cinque, nel dominio di studio sono presenti solo le classi comprese tra la Bassa e l'Elevata; in nessuna parte del dominio la vulnerabilità è classificata come molto bassa (valore dell'indice COP compreso tra 4 e 15). La distribuzione finale dell'Indice COP, ad eccezione di un'area a nord del bacino, corrisponde alla mappa della distribuzione del Fattore O.

In particolare, si nota come nelle aree dove affiorano i litotipi carbonatici, la vulnerabilità varia da Moderata ad Elevata.

Classi di vulnerabilità Elevata si riscontrano in aree dove lo spessore della zona non satura non supera i 250 m. Tali aree sono concentrate nella parte centrale del sistema in aree prossime al fondovalle.

Il fattore C influenza, invece, l'assegnazione di valori dell'indice COP tra 0.5 e 1 laddove l'assenza o l'esiguità della copertura superficiale e/o il rapporto vegetazione/pendenza favoriscono il processo di infiltrazione piuttosto che il ruscellamento superficiale.

Ciò è evidente nella zona NO del sistema dove troviamo aree in cui è presente una copertura vegetale, con pendenze comprese tra l'8 ed il 31%, ed uno spessore dell'insaturo inferiore ai 250 m: in questa zona si riscontrano aree con classe di vulnerabilità Alta. La stessa situazione si evidenzia nell'area a sud-est del sistema.

Laddove, invece, il valore dello spessore dell'insaturo supera i 250 m e le pendenze superano l'8% in zone prive di copertura vegetale, il grado di vulnerabilità risulta Alto.

Le aree con classe di vulnerabilità Bassa sono, invece, concentrate in aree in cui o affiorano litotipi a bassa permeabilità o sono presenti estese coperture quaternarie (depositi morenici nell'area nordorientale del sistema). Si tratta di zone in cui il ruscellamento prevale sull'infiltrazione o dove il valore dell'indice C ha un peso maggiore sul calcolo della classe di vulnerabilità a causa della presenza di alluvioni di fondovalle o depositi morenici.

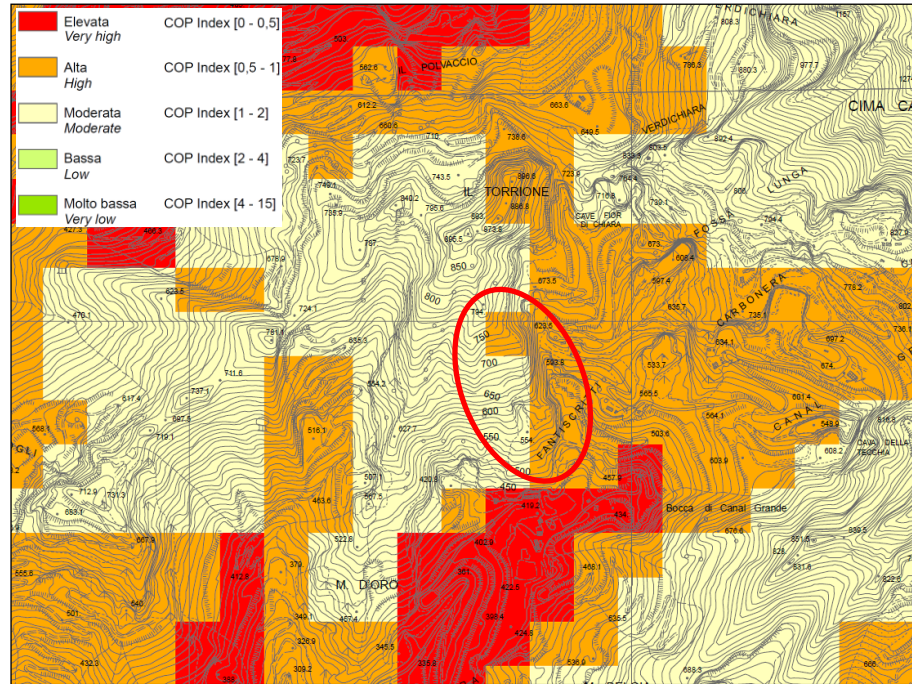
La presenza di uno swallow hole nella parte Nord del sistema (tratto iniziale del Canal d'Abbia, a ovest del M. Ballerino) determina la presenza di un'area in cui l'indice di vulnerabilità è compreso tra 0 e 0.5: in questa zona la possibilità di attenuazione nel livello non saturo viene oltrepassata ed è favorita l'infiltrazione diretta di sostanze verso la superficie piezometrica.

In conclusione, i risultati ottenuti presentano la distribuzione della vulnerabilità intrinseca ottenuta con un metodo, confrontati con quelli dei precedenti studi effettuati per la caratterizzazione del sistema idrogeologico, dimostrano come la cartografia prodotta ben si attenga alle condizioni idrogeologiche reali dell'acquifero in esame. In particolare, nel dominio di studio:

- i valori delle classi di vulnerabilità variano da Moderato ad Elevato;*
- le aree in classe di vulnerabilità Elevata sono concentrate in zone in cui il valore dell'indice di protezione O è molto basso e dove la riduzione della protezione risulta Moderata;*
- il fattore C influenza l'assegnazione della classe di vulnerabilità Alta laddove la copertura superficiale favorisce il processo di infiltrazione piuttosto che il ruscellamento superficiale (aree con pendenze comprese tra l'8 ed il 31%);*
- il grado di vulnerabilità Basso è attribuito a quelle aree in cui affiorano litotipi a bassa permeabilità oppure sono presenti coperture quaternarie di una certa estensione.*

Il confronto con la cartografia pregressa consente, infine, di affermare che per alcune aree la stima della vulnerabilità ci ponga in uno scenario più cautelativo di quello rappresentato dagli studi effettuati in passato.

Relativamente alla valutazione della vulnerabilità dell'area in oggetto utilizzando il metodo COP, come ben visibile dallo stralcio cartografico riportato di seguito, l'area interessata dall'attività estrattiva della presente S.C.I.A. delle cave "Fantiscritti B n.92" e "Galleria Fantiscritti n.87" è ricompresa in parte nella classe moderata e in parte nella classe alta.



Estratto non in scala dalla carte della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento del sistema idrogeologico di Carrara - Metodo COP. Allegato 11° allo Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane.

4 - INDIVIDUAZIONE DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI E SUPERFICIALI AFFERENTI ALL'AREA DI CAVA, GLI STATI DI QUALITÀ E GLI OBIETTIVI PREVISTI NEL “PIANO DI GESTIONE DELLE ACQUE” (PGA).

Da un'attenta analisi dei luoghi e del “Piano di Gestione delle Acque (PGA)” dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, si può notare come l'area del complesso estrattivo composto dalle cave “Fantiscritti B n.92” e “Galleria Fantiscritti n.87” sia inquadrabile nel Corpo Idrico Superficiale del Torrente Carrione (codice identificativo IT09CI_R000TN451FI); il Torrente Carrione, circa in località “Ponte di Vezzala” alle porte del centro abitato di Carrara, alla quota di circa 140 m s.l.m., si unisce al Fosso Torano dando origine al Fiume Carrione.

Se si analizza l'area in esame dal punto di vista dei corpi idrici sotterranei, questa può essere inserita nel Corpo Idrico Carbonatico Metamorfico delle Alpi Apuane (codice identificativo IT0999MM013_ITC). In funzione di quanto riportato nelle Relazione di Piano (Piano ex art.13, comma 7 Dir.2000/60/CE), per il corpo idrico superficiale è possibile riassumere le principali caratteristiche del Torrente Carrione nell'immagine successiva.

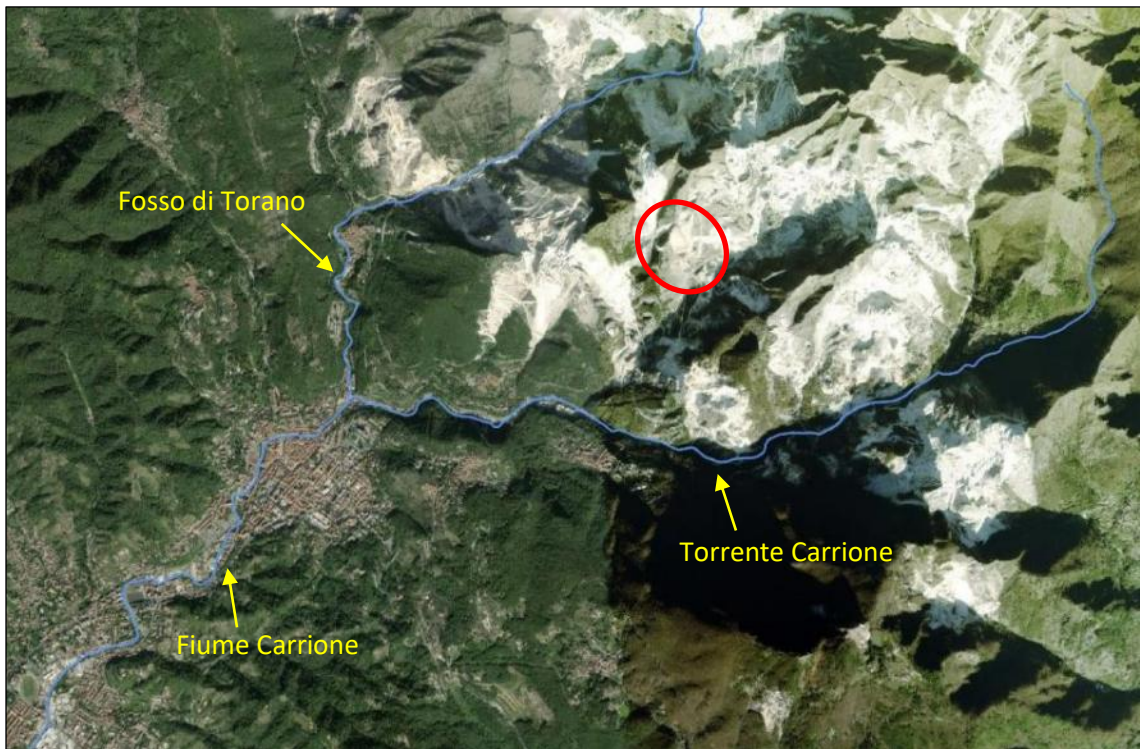


Immagine relativa ai corpi idrici superficiali, tratta dal sito web istituzionale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale - Sezione “Piano Gestione Acque Corpi Idrici Superficiali (PDG)”, in un intorno significativo dell'area in esame, evidenziata dalla forma di colore rosso.

Gli stati ecologico e chimico vengono definiti, come osservabile nelle immagini successive, rispettivamente con colorazioni arancione e rossa, rappresentative di una situazione “scarsa” e

“non buona”; la scheda tecnica è stata estratta dal sito web istituzionale dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale.


Distretto Idrografico dell’Appennino Settentrionale - Scheda Corpo idrico (SWB)


WORK IN PROGRESS

Qualità Modello 'DPSIR' Gap analysis Dati geografici

GENERALITÀ

NOME: TORRENTE CARRIONE MONTE
CODICE: IT09CI_R000TN451FI
REGIONE: Toscana
NATURA: Heavily Modified
CATEGORIA: RW
MONITORAGGIO (ECO): Monitoring (IT09CI_R000TN451FI)
MONITORAGGIO (CHI): Monitoring (IT09CI_R000TN451FI)
AMBITO TERRITORIALE: Carrione





Dettaglio dati geografici

PRESSIONI/CLASSI	CLASSI DI PRESSIONE	Point	Diffuse	Abstraction or flow diversion	Physical alteration of channel	Dams barriers and locks	Hydrological alteration	Hydromorphological alteration	Hydromorphological alteration - Other
		PC0010	PC0020	PC0030	PC0041	PC0042	PC0043	PC0044	PC0045
P0151	1.5.1 - Point - Contaminated sites or abandoned industrial sites (BA)	X							
P0170	1.7 - Point - Mine waters	X							
P0190	1.9 - Point - Other	X							
P0211	2.1.1 - Diffuse - Urban run-off (BA)		X						

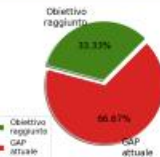
	ECOLOGICO	CHIMICO
STATO	E B S SC C nd	B NB nd

PORTATE MENSILI MEDIE ANNUE

OBBIETTIVO

Obiettivo: 3 Sufficiente Raggiungimento: 2027 Proroga/deroga: Article 4(5) - Disproportionate cost	Obiettivo: 2 Buono Raggiungimento: 2027 Proroga/deroga: Article 4(4) - Technical feasibility
--	--

GAP



CRITICITA' DI BILANCIO IDRICO

Corpo idrico non in condizione di criticità ai sensi della D.G.R. Toscana num. 894 del 2016-09-13.

Dato bilancio idrico non disponibile.

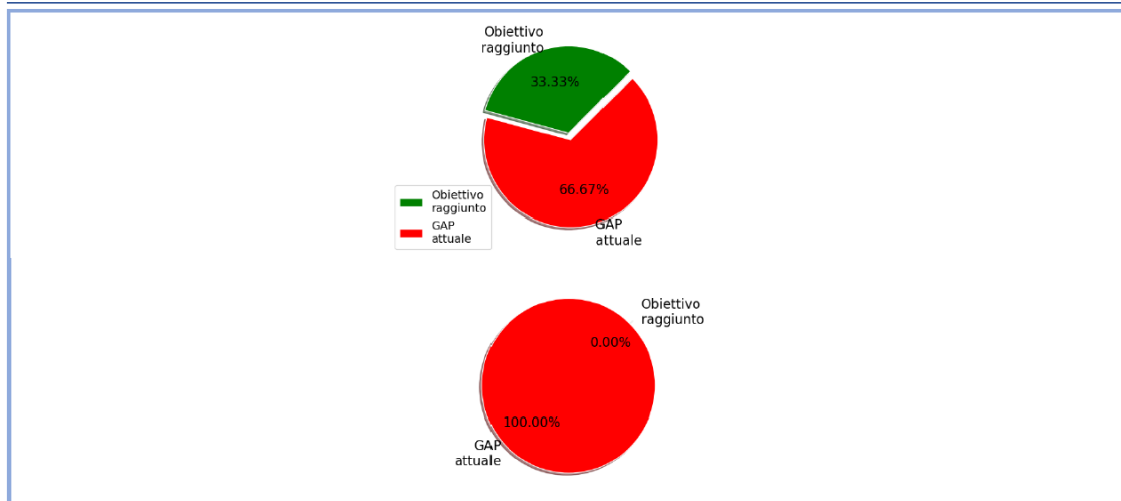
Schema riassuntivo relativo al Corpo Idrico Superficiale del Torrente Carrione (codice identificativo IT09CI_R000TN451FI).

In funzione di quanto riportato nel Cruscotto di Piano, per il corpo idrico superficiale è possibile riassumere le principali caratteristiche del Torrente Carrione nelle immagini successive.

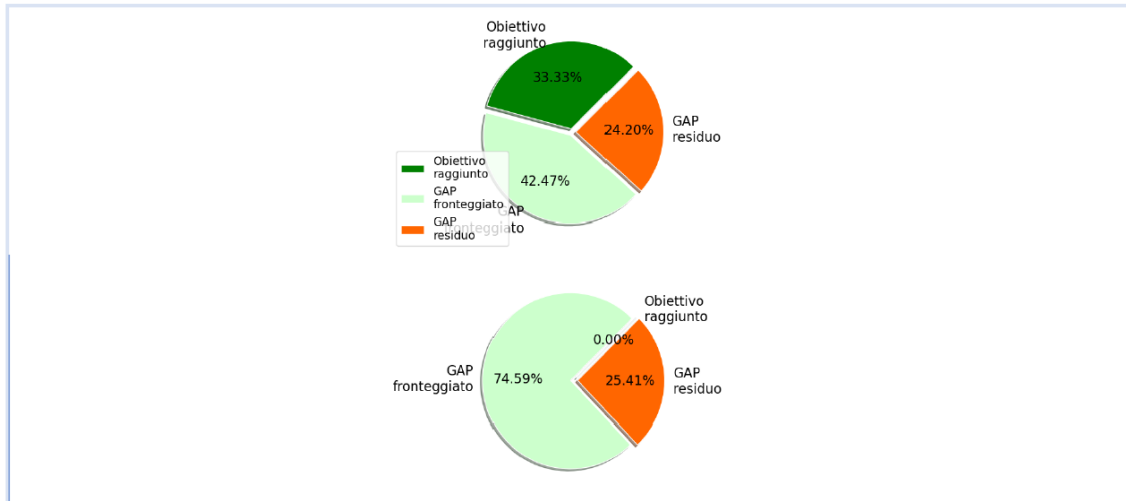
GENERALITA'	NOME:	TORRENTE CARRIONE MONTE
	CODICE:	IT09CI_R000TN451FI
	REGIONE:	Toscana
	NATURA:	Heavily Modified
	CATEGORIA:	RW
	MONITORAGGIO (ECO):	Monitoring (IT09CI_R000TN451FI)
	MONITORAGGIO (CHI):	Monitoring (IT09CI_R000TN451FI)
	AMBITO TERRITORIALE:	Carrione

PRESSIONI/CLASSI		CLASSI DI PRESSIONE	Point	Diffuse	Abstraction or flow diversion	Physical alteration of channel ...	Dams barriers and locks	Hydrological alteration	Hydromorphological alteration	Hy
			PC0010	PC0020	PC0030	PC0041	PC0042	PC0043	PC0044	
	P0151	1.5.1 - Point - Contaminated sites or abandoned industrial sites (BA)	X							
	P0170	1.7 - Point - Mine waters	X							
	P0190	1.9 - Point - Other	X							
	P0211	2.1.1 - Diffuse - Urban run-off (BA)		X						
PRESSIONI/CLAS	P0212	2.1.2 - Diffuse - Urban run-off (BF)		X						
	P0250	2.5 - Diffuse - Contaminated sites or abandoned industrial sites		X						
	P0415	4.1.5 - Physical alteration of channel/bed/riparian area/shore - Unknown or obsolete				X				
	P2111	2.11.1 Cumulative indicators of diffuse pressures (BT urban runoff)		X						

		ECOLOGICO					CHIMICO				
STATO		E	B	S		C	nd	B		nd	
OBIETTIVO	Obiettivo:	3 Sufficiente					Obiettivo:			2 Buono	
	Raggiungimento:	2027					Raggiungimento:			2027	
	Proroga/deroga:	Article 4(5) - Disproportionate cost					Proroga/deroga:			Article 4(4) - Technical feasibility	



MISURE	M0001	Redazione e aggiornamento del Piano di Gestione Acque ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque)
	M0002	Attuazione delle norme previste dal Piano di Azione Nazionale per l'utilizzo sostenibile dei prodotti fitosanitari (in applicazione della Dir. 2009/128/CE)
	M0003	Attuazione direttiva 91/676/CEE per la tutela della acque dai nitrati di origine agricola
	M0005	Monitoraggi ambientali
	M0006	Predisposizione del programma generale di gestione dei sedimenti
	M0007	Disciplina delle derivazioni e deflusso ecologico
	M0009	Coordinamento a livello distrettuale per l'identificazione delle misure in atto riguardo ai regolamenti REACH, CLP e PIC
	M0011	Osservatorio permanente sugli utilizzi idrici
	M0014	Piani di sicurezza dell'acqua
	M0016	Indirizzi di Piano
MISURE	M0018	Riduzione dell'impatto idromorfologico, delle alterazioni idrologiche e tutela della continuità fluviale (Base)
	M0020	Integrazione dei sistemi di monitoraggio
	M0022	Attività volte al raggiungimento o mantenimento dello stato di conservazione soddisfacente ed alla riduzione degli impatti sulle aree protette (Base)
	M0023	Aumento delle conoscenze e applicazione della normativa sulle sostanze prioritarie (Base)
	M0024	Ulteriori misure per la riduzione dell'impatto idromorfologico, delle alterazioni idrologiche e tutela della continuità fluviale (Supplementare)
	M0025	Uso sostenibile e tutela della risorsa idrica (Supplementare)
	M0028	Aumento delle conoscenze e applicazione della normativa sulle sostanze prioritarie (Supplementare)
	M0029	Riutilizzo a fini irrigui delle acque reflue urbane depurate
	M0031	Promozione di pratiche colturali sostenibili per il miglioramento della gestione dei nutrienti e dei fitosanitari
	M0032	Azioni per migliorare l'efficienza e rendere sostenibile l'uso delle risorse idriche in agricoltura
	M0033	Azioni di formazione e servizi di consulenza alle aziende agricole e forestali per il miglioramento della gestione e per la tutela quantitativa e qualitativa delle risorse idriche
	M0034	Misure per la conservazione del suolo e per la riduzione dell'erosione e dei rischi di danni per calamità naturali
	M0035	Sostegno ad azioni per aumentare la resilienza e favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici
	M0036	Attuazione degli impegni per l'applicazione del regime di condizionalità ambiente, cambiamenti climatici e buone condizioni agronomiche del terreno
	M0038	Ulteriori interventi a sostegno degli aspetti ecologici (interventi a possibile alto impatto sull'ambiente in senso ampio e/o sugli usi specifici)



CRITICITA' DI BILANCIO IDRICO Corpo idrico non in condizione di criticità ai sensi della D.G.R. Toscana num. 894 del 2016-09-13.
 Dato bilancio idrico non disponibile.

Serie di immagini tratte dal Cruscotto di Piano del PGA per il Torrente Carrione.

Se si analizza l'area in esame dal punto di vista dei corpi idrici sotterranei, questa può essere inserita nel Corpo Idrico Carbonatico Metamorfico delle Alpi Apuane (codice identificativo IT0999MM013_ITC).

In maniera analoga è stato quindi valutato lo stato quantitativo e chimico del Corpo Idrico Carbonatico Metamorfico delle Alpi Apuane, che presenta uno stato quantitativo e chimico buono in entrambe le casistiche.

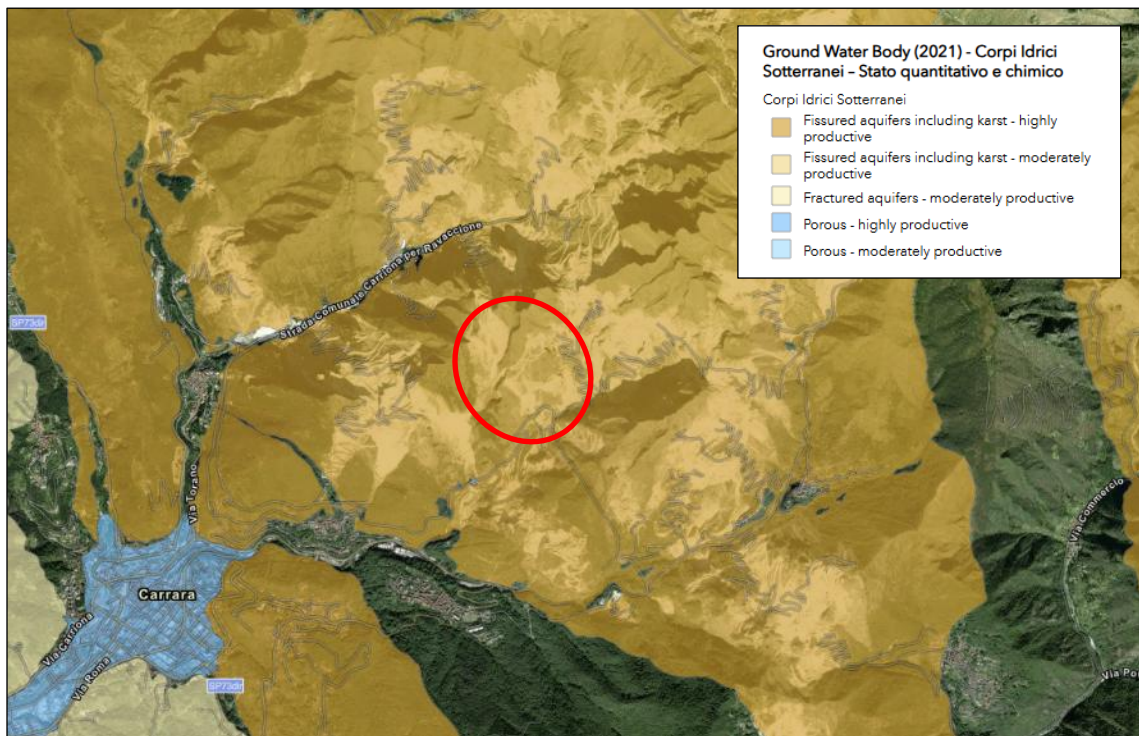
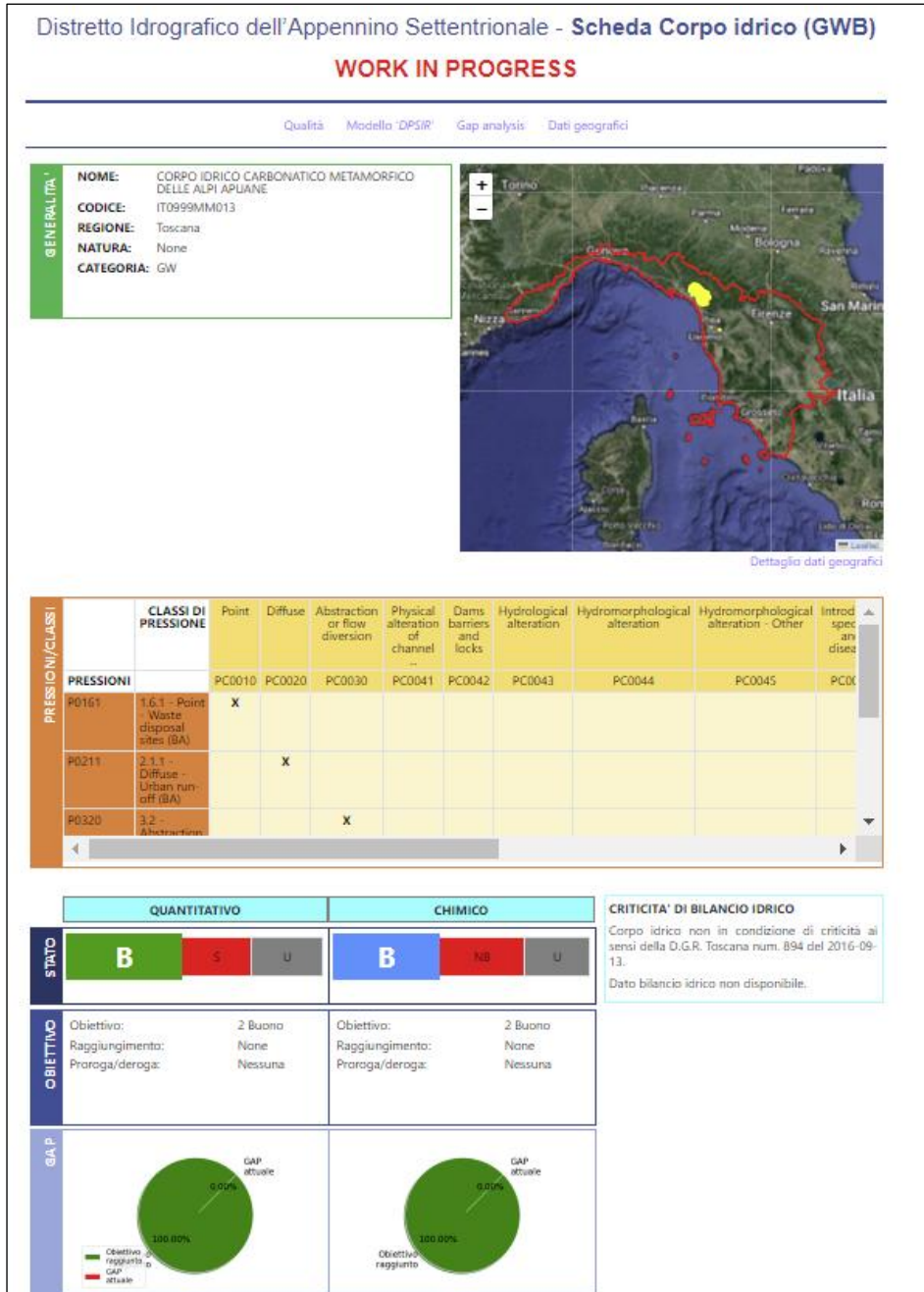


Immagine relativa ai corpi idrici sotterranei dell'area toscana, estratte dal sito web dell' "Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale - Sezione Piano di Gestione dei Corpi Idrici Sotterranei"; l'area di interesse viene evidenziata dal punto di colore rosso.



Schema riassuntivo relativo al Corpo Idrico Carbonatico Metamorfico delle Alpi Apuane (codice identificativo IT0999MM013_ITC).

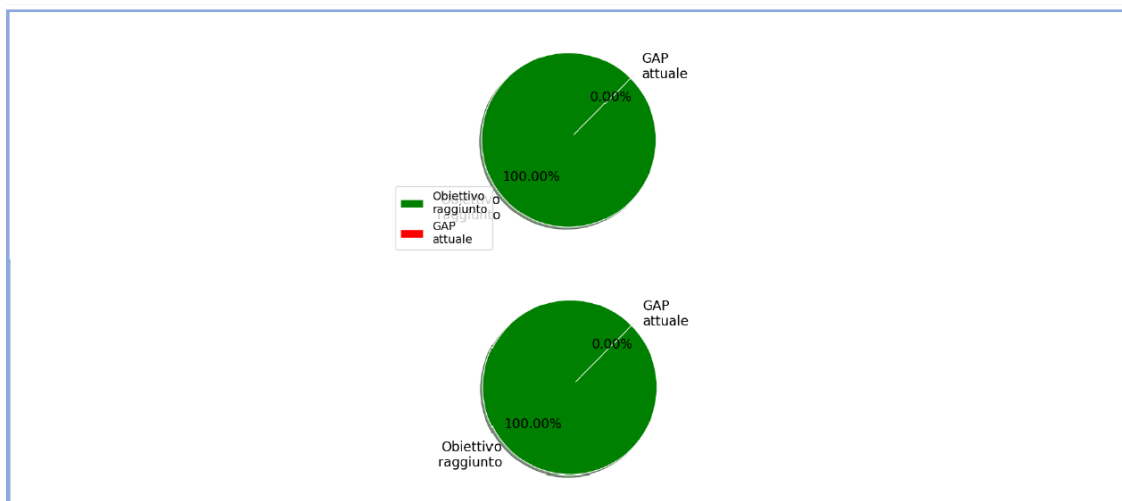
GENERALITÀ	<p>NOME: CORPO IDRICO CARBONATICO METAMORFICO DELLE ALPI APUANE</p> <p>CODICE: IT0999MM013</p> <p>REGIONE: Toscana</p> <p>NATURA: None</p> <p>CATEGORIA: GW</p>
-------------------	--

PRESSIONI/CLASSI	CLASSI DI PRESSIONE	Point	Diffuse	Abstraction or flow diversion	Physical alteration of channel ...	Dams barriers and locks	Hydrological alteration	Hydromorphological alteration	Hydromorp alteration
	PRESSIONI	PC0010	PC0020	PC0030	PC0041	PC0042	PC0043	PC0044	PC0045
	P0161 1.6.1 - Point - Waste disposal sites (BA)	X							
	P0211 2.1.1 - Diffuse - Urban run-off (BA)		X						
	P0320 3.2 - Abstraction or flow diversion - Public water supply			X					
	P0370 3.7 - Abstraction or flow diversion - Other			X					
	P0381 3.8.1 Cumulative withdrawal indicators (sum of dissipative uses BA)			X					

QUANTITATIVO	CHIMICO
--------------	---------

STATO	S	U	NB	U

OBBIETTIVO	Obiettivo: Raggiungimento: Proroga/deroga:	2 Buono None Nessuna	Obiettivo: Raggiungimento: Proroga/deroga:	2 Buono None Nessuna
------------	--	----------------------------	--	----------------------------



MISURE	M0001	Redazione e aggiornamento del Piano di Gestione Acque ai sensi della Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro Acque)
	M0004	Attuazione della disciplina delle bonifiche dei siti contaminati
	M0005	Monitoraggi ambientali
	M0016	Indirizzi di Piano
	M0019	Uso sostenibile e tutela della risorsa idrica (Base)
	M0020	Integrazione dei sistemi di monitoraggio
	M0021	Aggiornamento e approfondimento del quadro conoscitivo, studi e ricerche
	M0022	Attività volte al raggiungimento o mantenimento dello stato di conservazione soddisfacente ed alla riduzione degli impatti sulle aree protette (Base)
	M0031	Promozione di pratiche culturali sostenibili per il miglioramento della gestione dei nutrienti e dei fitosanitari
	M0035	Sostegno ad azioni per aumentare la resilienza e favorire l'adattamento ai cambiamenti climatici



CRITICITA' DI BILANCIO IDRICO Corpo idrico non in condizione di criticità ai sensi della D.G.R. Toscana num. 894 del 2016-09-13.

Dato bilancio idrico non disponibile.

Serie di immagini tratte dal Cruscotto di Piano del PGA per il corpo idrico sotterraneo delle Alpi Apuane.

5 - PERICOLOSITA' DELL'AREA IN ESAME

5.1 - PERICOLOSITÀ AI SENSI DELL'AUTORITÀ DI BACINO DISTRETTUALE DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

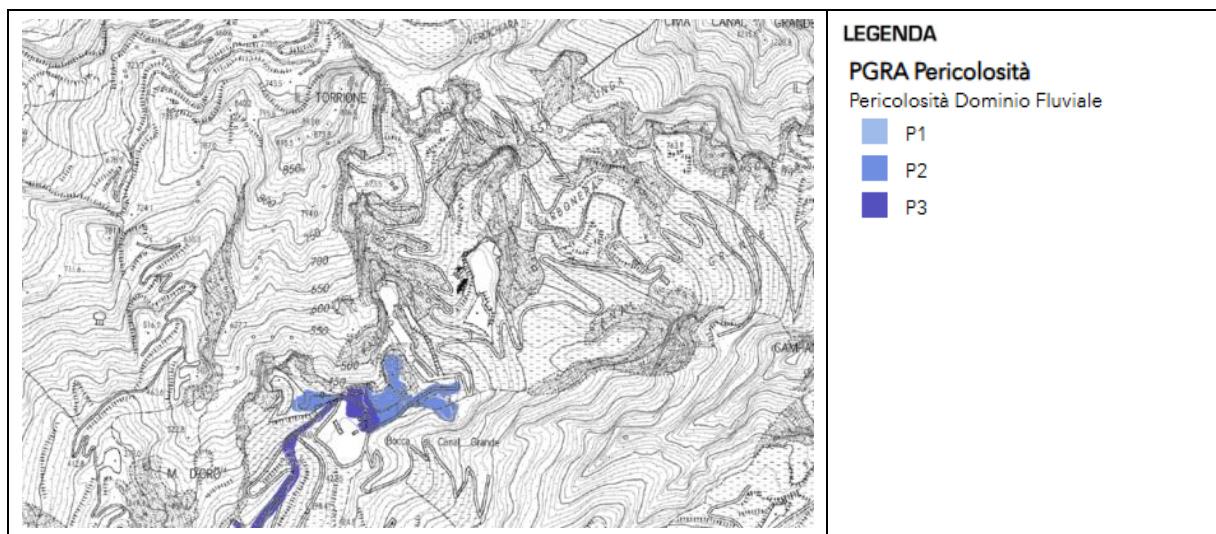
Con la Legge Regionale 24 Dicembre 2013 n.77 sono state soppresse le Autorità di Bacino Regionali, pertanto l'area in esame, che ricadeva sotto la pianificazione dell'Autorità di Bacino Toscana Nord, è stata ricompresa nel Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale, individuato con il D.L. 152/2006, ai sensi delle indicazioni della Direttiva 2000/60/CE.

In attuazione della direttiva 2007/60/CE e del D. L.gs. 23 febbraio 2010, n.49 è stato adottato, con deliberazione n. 231 del 17 dicembre 2015 del Comitato Istituzionale integrato (C.I. Integrato), il "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale" (comprendente i bacini idrografici dell'Arno (bacino nazionale), Magra, Fiora, Marecchia-Conca, Reno (bacini interregionali), Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone (bacini regionali).

A partire dal 19 giugno 2016, sono scaduti i 180 giorni dalla data di adozione del PGRA dell'Appennino Settentrionale, avvenuta con Delibera di Comitato Istituzionale Integrato n.231, per cui le disposizioni della Disciplina di Piano di PGRA hanno assunto carattere vincolante per le amministrazioni, gli enti pubblici nonché per i privati. Conseguentemente, in coerenza con gli indirizzi dettati dalla D.C.R. n.84 del 1 dicembre 2015, risulta decaduta la parte idraulica del PAI e risultano vigenti la nuova Disciplina di piano allegata alla Delibera n.231 e le nuove mappe di pericolosità e rischio alluvioni di cui al suddetto piano.

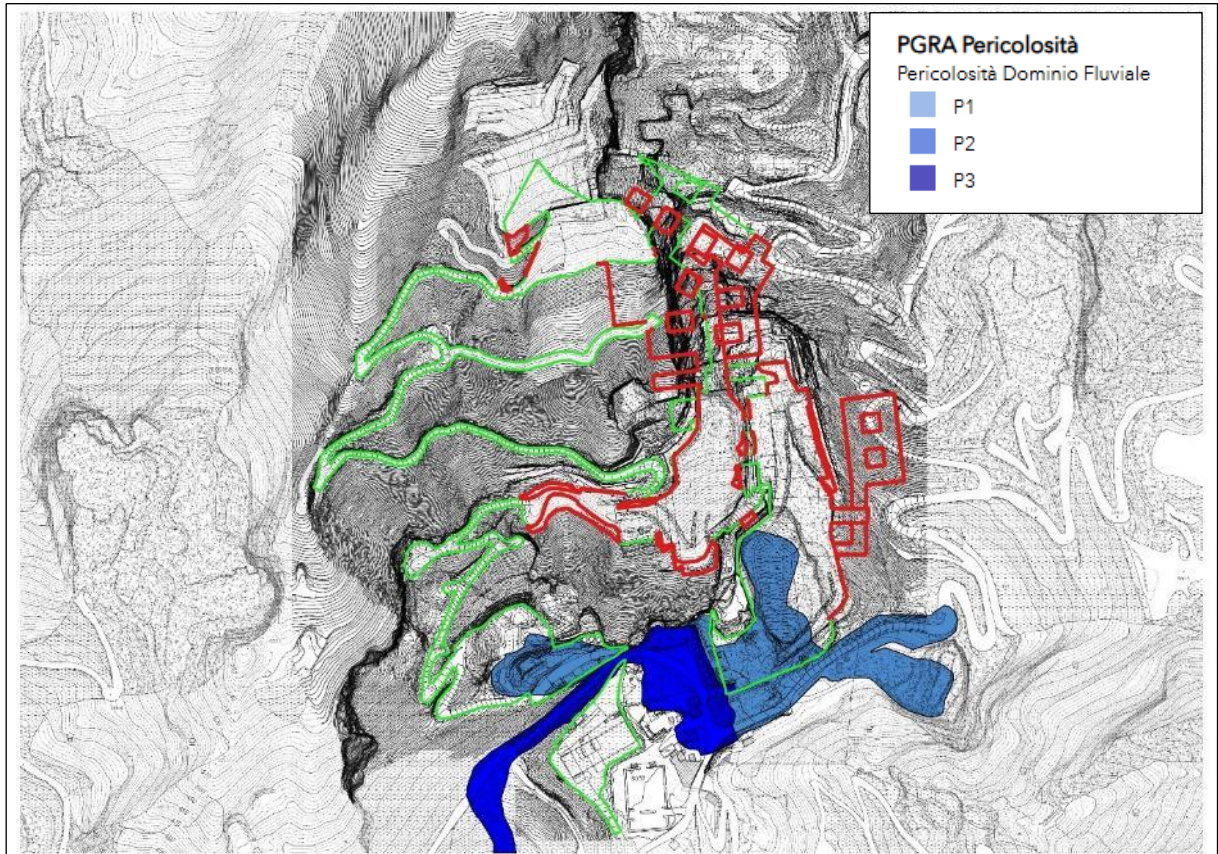
Con Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), delibera n. 26 del 20 dicembre 2021, è stato adottato il primo aggiornamento del PGRA (2021-2027), che è stato successivamente approvato, ai sensi degli articoli 57, 65 e 66 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con d.p.c.m. 1 dicembre 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 31 del 7.02.2023.

Di seguito si riporta uno stralcio fuori scala delle nuove "Mappe della pericolosità da alluvione fluviale e costiera", per l'area di interesse:



Estratto fuori scala della carta del Piano di Gestione Rischio Alluvioni e relativa legenda allegata.

Al fine di definire in dettaglio la reale distribuzione delle aree a pericolosità da alluvione fluviale, nell'immagine successiva si riporta la sovrapposizione in ambiente GIS dello Stato di Progetto in formato .dxf con gli shape file relativi alle "Mappe della pericolosità da alluvione fluviale e costiera", scaricabili dal sito dell'Autorità di Bacino dell'Appennino settentrionale; le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato (polilinee di colore verde) sono evidenziate con polilinee di colore rosso.

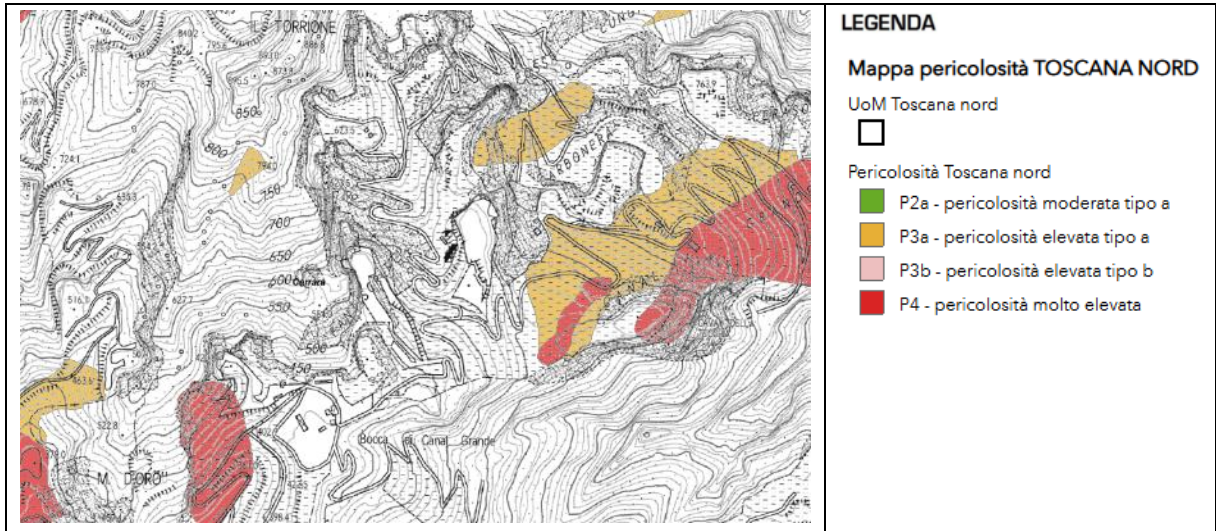


Estratto fuori scala della carta del Piano di Gestione Rischio Alluvioni con sovrapposizione degli shape file relativi alle aree di scavo previste (polilinee di colore rosso) rispetto a quelle già autorizzate (polilinee di colore verde).

Come osservabile nell'immagine precedente, le aree in cui insisteranno le operazioni di escavazione previste dal presente progetto non ricadono tra quelle a pericolosità da alluvione fluviale.

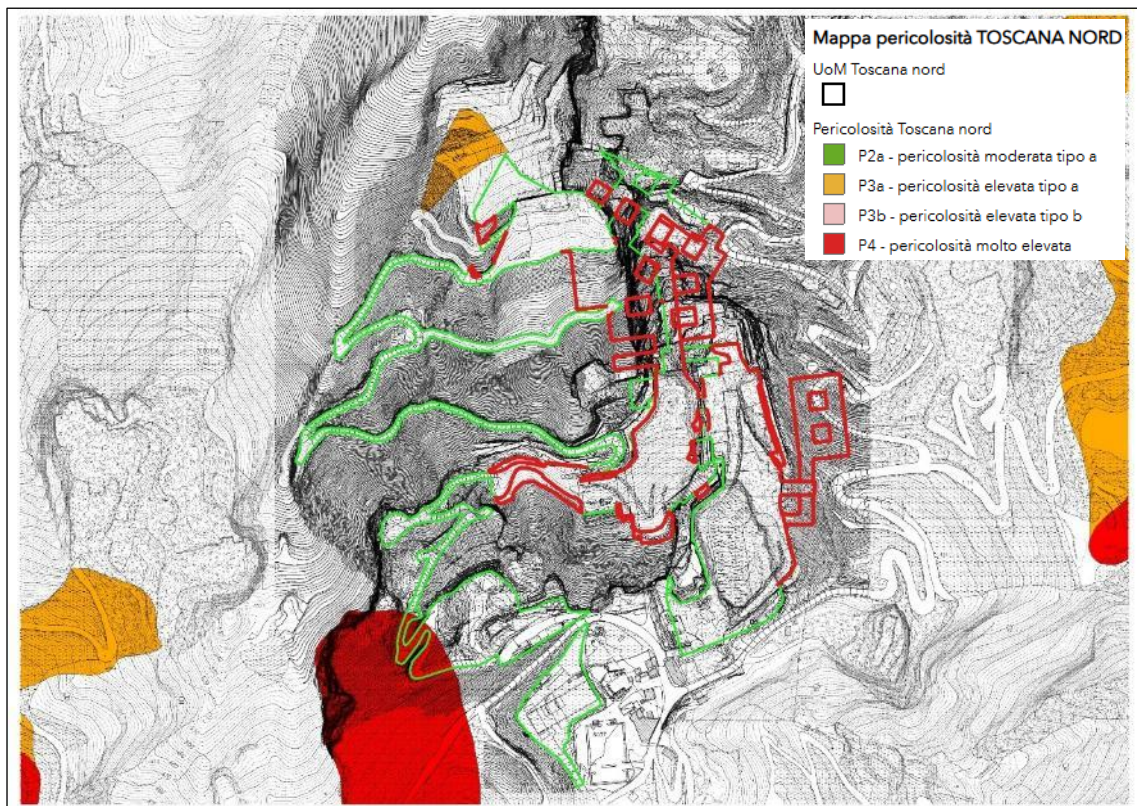
Il progetto ad oggi autorizzato (polilinee di colore verde) coinvolge aree classificate in pericolosità da alluvione P2. Per queste aree non si prevedono modifiche rispetto a quanto ad oggi autorizzato.

Con Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), delibere n.39 e n.40 del 28 marzo 2024, sono stati adottati il "Progetto PAI Dissesti geomorfologici" (Piano stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico previsto all'art. 67 del D.Lgs. 152/06) sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89) e le relative misure di salvaguardia.



Estratto fuori scala della tavola “PAI Dissesti geomorfologici” e relativa legenda.

Al fine di definire in dettaglio la reale distribuzione delle aree a pericolosità da dissesti geomorfologici, nell’immagine successiva si riporta la sovrapposizione in ambiente GIS dello Stato di Progetto in formato .dxf con gli shape file relativi alle “Mappe PAI dissesti”, scaricabili dal sito dell’Autorità di Bacino dell’Appennino settentrionale; le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato (polilinee di colore verde) sono evidenziate con polilinee di colore rosso.



Estratto fuori scala delle “Mappe del PAI dissesti” con sovrapposizione degli shape file relativi alle aree di scavo previste (polilinee di colore rosso) rispetto a quelle già autorizzate (polilinee di colore verde).

Come osservabile nell'immagine precedente, le aree in cui insisteranno le operazioni di escavazione previste dal presente progetto non ricadono tra quelle caratterizzate da pericolosità geomorfologica elevata o molto elevata.

Il progetto ad oggi autorizzato (polilinee di colore verde) coinvolge aree classificate in pericolosità geomorfologica molto elevata (P4). Per queste aree non si prevedono modifiche rispetto a quanto ad oggi autorizzato.

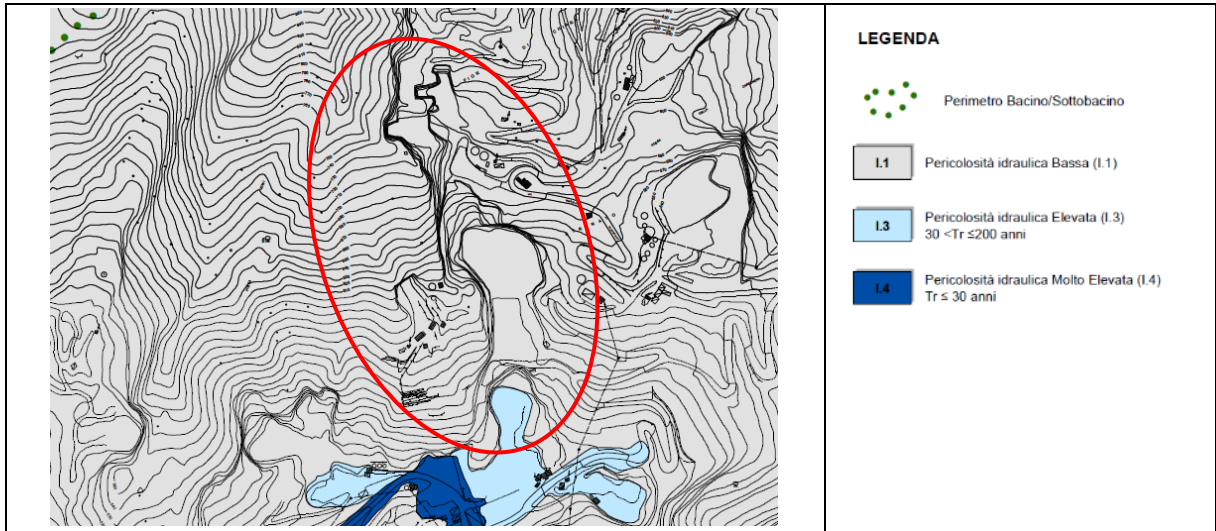
Il disposto di cui agli artt. 7 comma 2, 9 comma 2 e 10 comma 2 della Disciplina di Piano, stabilisce che nelle aree "P4", "P3a" e "P3b" *"l'Autorità di bacino distrettuale si esprime sulle misure di protezione tese alla riduzione della pericolosità con conseguente riesame del quadro conoscitivo e dei suoi effetti sulle mappe del PAI dissesti"* e sul Cap. 1, Par. 1.1, quinto capoverso, dell'Allegato 3 alla Disciplina di Piano, in cui si specifica che *"Non sono oggetto di classificazione le aree che, al momento della valutazione, risultano con trasformazione in atto per processi antropici, come cave, cantieri, miniere e/o discariche attive autorizzate secondo la normativa di settore"*.

Le citate disposizioni di cui alla Disciplina di Piano, in combinato disposto con la precisazione di cui all'Allegato 3 alla Disciplina, vanno intese nel senso che, nell'ambito dei procedimenti avviati dopo l'8.04.24 riguardanti siti oggetto ad es. di attività estrattiva in atto, l'Autorità di bacino si esprime soltanto nel caso siano previste opere e interventi strutturali di consolidamento e stabilizzazione dei dissesti di natura geomorfologica finalizzati alla diminuzione del livello di pericolosità che interessano aree classificate P4/P3a/P3b interamente o parzialmente esterne al perimetro autorizzato per attività estrattiva.

Si evidenzia inoltre che, per le aree P3 e P4 del PAI "Dissesti" (che ereditano le aree PFE e PFME del PAI Toscana Nord) devono essere considerati gli indirizzi dettati dall'art. 8, comma 1, lett. c) della Disciplina di Piano (*"sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio le previsioni e le attività inerenti la coltivazione, il trattamento e il ripristino di aree destinate all'estrazione di materiali da cava e da miniera relativi alle aree a valenza estrattiva e mineraria incluse nei piani regionali"*) e all'art. 11, comma 1 lett. c) (*"sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica le previsioni e realizzazioni di interventi di trasformazione urbanistica"*) nonché il disposto dell'art. 13 comma 2, primo periodo (*"Per le aree speciali [...] le Regioni possono disciplinare le condizioni di gestione del rischio emanando le disposizioni concernenti l'attuazione del Piano nelle specifiche materie di propria competenza"*).

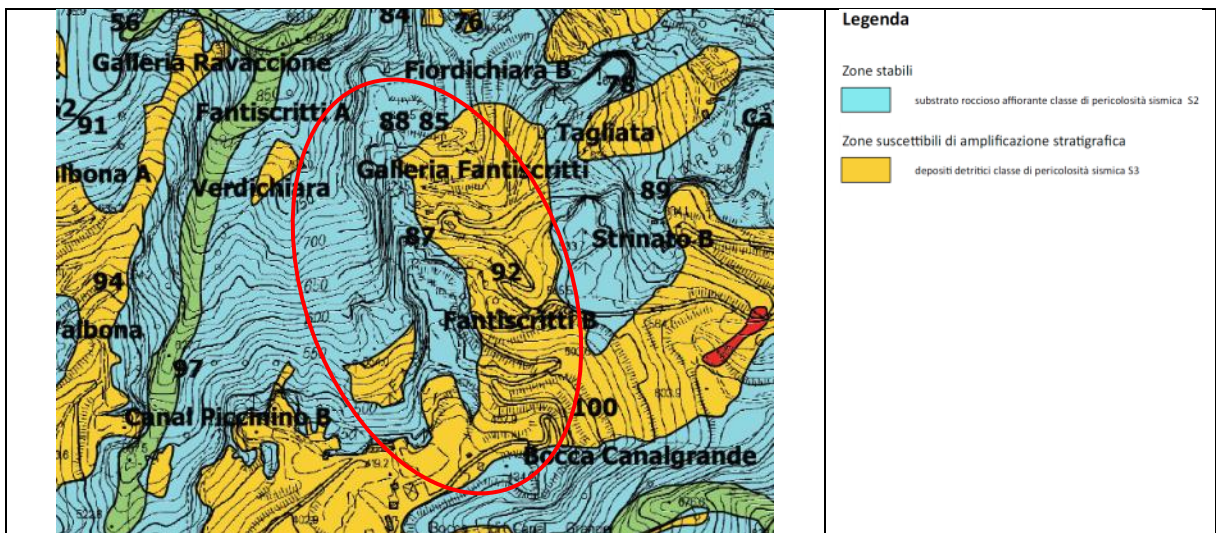
L'attuazione di tali indirizzi e norme determina che per le aree del PAI esterne al perimetro autorizzato per attività estrattiva, ma ricadenti all'interno delle aree indicate dal Piano Regionale Cave come "Giacimenti", "Giacimenti potenziali", "Aree contigue di cava", "Siti di reperimento di materiali ornamentali storici" (come da banca dati disponibile su Geoscopio della Regione Toscana), potranno avere effetto le condizioni di gestione del rischio disciplinate dalla Regione Toscana anche in riferimento a quanto previsto per le aree speciali.

Si attestata quindi l'assenza di interferenze dei lavori in progetto con aree perimetrate e classificate a pericolosità "P3a/P3b/P4" nel PAI "Dissesti" esterne alle aree già autorizzate per attività estrattiva.



Estratto fuori scala della Tavola G6.2 "Carta della Pericolosità Idraulica - Tav. Sud" e relativa legenda, allegata ai PABE del Comune di Carrara; l'area in esame è evidenziata nella forma di colore rosso.

Dall'esame della "Carta degli elementi generali con rilevanza sismica" (Tavola G7.1) le aree in cui sono previste le lavorazioni previste nel presente progetto risultano inserite nelle "Zone stabili (substrato roccioso affiorante - classe di pericolosità sismica S2).



Estratto fuori scala della Tavola G7.1 "Carta degli elementi generali con rilevanza sismica" e relativa legenda, allegata ai PABE del Comune di Carrara; l'area in esame è evidenziata nella forma di colore rosso.

Nel paragrafo 7 relativo all'analisi della fattibilità degli interventi proposti, sono riportate le sovrapposizioni tra la tavola progettuale con le aree oggetto delle operazioni di escavazione del presente progetto e le carte della pericolosità del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata.

6 - INQUADRAMENTO SISMICO

6.1 - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La riclassificazione sismica del territorio nazionale, intervenuta a seguito dell'emanazione della O.P.C.M. n.3274 del 20 Marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n.105 dell'8 Maggio 2003, e delle successive proroghe, ha definito il territorio del Comune di Carrara, Sismico di Zona 3.

Tale classificazione è stata convalidata in ambito regionale con Del. G.R. n.604/2003; questo comporta che per essa sia considerata un'accelerazione orizzontale massima compresa tra 0.125 e 0.150g.

Successivamente una nuova ordinanza, O.P.C.M. n.3519 del 28 Aprile 2006, ha stabilito i nuovi criteri per l'individuazione delle zone sismiche in ambito nazionale.

Con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, pubblicato sulla GU n.29 del 04/02/2008, sono state approvate le "Norme tecniche per le costruzioni" che recepiscono ed integrano le indicazioni contenute nell'O.P.C.M. n.3274, modificando l'approccio alla classificazione sismica del territorio.

Considerato quindi che i criteri introdotti dalle citate Norme Tecniche per le costruzioni, relativamente alle modalità di stima dell'azione sismica di base, non sono più vincolati alla zona sismica di appartenenza del comune in cui è collocato il progetto, ma basati su un approccio "sito-dipendente" e che di conseguenza la classificazione sismica è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, la Regione Toscana, con deliberazione 8 ottobre 2012, n.878, ha proposto l'aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006.

In base a tale provvedimento, il **Comune di Carrara** è stato perimetrato in **zona sismica 3**.

Quest'ultima perimetrazione è stata confermata dalla D.G.R.T. n.421 del 26/05/2014, pubblicata sul BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014, in cui è stato approvato l'ultimo aggiornamento della classificazione sismica regionale, relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della D.G.R.T. n.878 dell'8 ottobre 2012.

Con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, pubblicato sulla GU n.42 del 20/02/2018, è stato approvato l'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" che mantiene il criterio di stima dell'azione sismica di base basato su un approccio "sito-dipendente" introdotto dal DM 17 gennaio 2018.

6.2 - DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Dato che le condizioni del sito di riferimento non corrispondono a quelle presenti nell'area, è necessario, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche del sito in oggetto, in quanto entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su suolo rigido di riferimento con superficie topografica orizzontale.

Tali modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza sono il risultato della risposta sismica locale.

La "risposta sismica locale" esprime quindi l'azione sismica che emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite nel percorso dal substrato rigido al sito in oggetto.

In assenza di analisi più dettagliate, per quanto riguarda l'effetto delle condizioni stratigrafiche, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo del sito in oggetto (per una visione completa delle categorie di sottosuolo si rimanda alle NTC 2018, Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo).

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

Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo (NTC, 2018).

Nel caso specifico del sito in esame le caratteristiche litologiche possono essere suddivise in due tipologie, cui corrispondono due distinte categorie di sottosuolo:

- *roccia in affioramento*: terreno di fondazione riconducibile alla categoria "A";
- *detriti sciolti assimilabili a ghiaie grossolane con spessore inferiore a 30 m giacenti su un substrato roccioso*: terreno di fondazione inseribile nella categoria "E".

6.3 - AZIONE SISMICA

6.3.1 - Azione sismica per terreni ricadenti nella categoria di sottosuolo A

Al fine di ricavare, in riferimento al sito in esame, i valori dei parametri (ag, Fo, T*c etc.) necessari per la definizione degli spettri di risposta elastici, ai sensi delle NTC 18, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (cat. sottosuolo A) sono stati utilizzati i seguenti dati:

- Coordinate del sito di intervento: Latitudine 44,092798 Longitudine 10,135993 (coordinate geografiche sistema ED50 - gradi sessadecimali).

- Vita nominale V_N (in anni): all'opera in esame corrisponde una vita nominale (*Numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata - § 2.4.I-D.M. 17 gennaio 2018*) $V_N \geq 50$.
- Classe d'uso e Coefficiente C_u : l'opera in esame rientra nella classe d'uso I (*Costruzioni con presenza solo occasionale di persone*) alla quale corrisponde un coefficiente $C_u = 0.7$ (*Tabella 2.4.II-D.M. 17 gennaio 2018*).
- Periodo di riferimento V_R (in anni): le opere in progetto sono caratterizzate da un periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_u = 35$ anni.

Nella seguente tabella sono riportati per ciascuno degli stati limite considerati la probabilità di superamento PVR (*Tabella 3.2.I - NTC-2018*) ed i valori del periodo di ritorno TR dell'azione sismica per l'opera in esame, quest'ultimo ricavato mediante la seguente formula:

$$TR = -\frac{VR}{\ln(1 - PVR)} \quad (Eq.ne 1)$$

Stati limite	Probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR	TR (anni)
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

Probabilità di superamento PVR e periodo di ritorno TR dell'azione sismica per ciascuno degli stati limite considerati.

Per ogni stato limite considerato, i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*C sono calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i} \cdot \left(\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i} \right)^{-1} \quad (Eq.ne 2)$$

dove:

p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame,

p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame,

d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate e le distanze rispetto al sito analizzato dei quattro nodi del reticolo di riferimento considerati.

SITI DI RIFERIMENTO				
Sito	ID	Latitudine	Longitudine	Distanza (m)
1	18488	44,0856	10,0798	4558,164
2	18489	44,0876	10,1493	1208,733
3	18267	44,1375	10,1466	5045,534
4	18266	44,1355	10,0770	6690,907

Nodi di riferimento.

Nella tabella successiva vengono quindi riportati, per ogni stato limite considerato, i valori calcolati del periodo di ritorno T_R e dei relativi parametri spettrali che caratterizzano la pericolosità sismica di base del sito in esame.

Stati limite		T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	30	0,051	2,453	0,237
	SLD	35	0,054	2,457	0,242
Stati limite ultimi	SLV	332	0,141	2,406	0,284
	SLC	682	0,182	2,387	0,291

Parametri sismici per ciascuno degli stati limite considerati.

Risposta sismica locale

La valutazione della risposta sismica locale per il sito investigato è stata condotta utilizzando i seguenti parametri:

- Categoria di sottosuolo: A;
- Categoria Topografica: T4 (*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$* - Tabella 3.2.III delle NTC-2018);
- Coeff. di amplificazione topografica S_T : per la categoria topografica T4 il valore di S_T è pari a 1.4 (Tab. 3.2.V delle NTC-2018).
- Coeff. di amplificazione stratigrafica S_s , Coeff. C_c e Coeff. di riduzione dell'accelerazione massima attesa β_s : per la categoria di sottosuolo A i valori di S_s , C_c e β_s per i diversi stati limite considerati sono stati ricavati in base a quanto riportato nella Tabella 3.2.IV e nella Tabella 7.11.I delle NTC-2018 e sono riportati nella seguente tabella;

Stati limite		S_s (-)	C_c (-)	β_s (-)
Stati limite di esercizio	SLO	1.00	1.00	0.000
	SLD	1.00	1.00	0.470
Stati limite ultimi	SLV	1.00	1.00	0.380
	SLC	1.00	1.00	0.000

Coefficienti S_s , S_T , C_c e β_s per ciascuno degli stati limite considerati.

Accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max}

Nel § 7.11.3.5.2 delle NTC 2018 vengono definite le modalità di esecuzione delle analisi di stabilità dei pendii, in condizioni sismiche, con metodi pseudostatici.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \text{ ..(Eq.ne 3)}$$

$$F_v = k_v \times W \text{ ..(Eq.ne 4)}$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \text{ ..(Eq.ne 5)}$$

$$k_v = 0.5 \times k_h \text{ ..(Eq.ne 6)}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

Stati limite		$K_h (-)$	$K_v (-)$
Stati limite di	SLO	0.000	0.000
esercizio	SLD	0.036	0.018
Stati limiti	SLV	0.075	0.037
ultimi	SLC	0.000	0.000

Valori di K_h e K_v attesi per ciascuno degli stati limite considerati.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione orizzontale massima a_{max} attesa al sito è definita dalla seguente relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \text{ (Eq.ne 7)}$$

utilizzando i valori di S_S ed S_T ed a_g ricavati in precedenza ed esprimendo a_g in m/s^2 ($a_g = a_g [g] \cdot 9.81 m/s^2$) si ottiene:

Stati limite		S _s (-)	S _T (-)	a _g (g)	a _{max} (m/s ²)
Stati limite di esercizio	SLO	1.0	1.4	0,051	0.698
	SLD	1.0	1.4	0,054	0.748
Stati limiti ultimi	SLV	1.0	1.4	0,141	1.929
	SLC	1.0	1.4	0,182	2.497

Accelerazione massima attesa per ciascuno degli stati limite considerati.

6.3.2 - Azione sismica per terreni ricadenti nella categoria di sottosuolo E

Tenuto conto delle premesse fatte e delle coordinate del sito di intervento, della vita nominale e del coefficiente d'uso relativi al sito in esame, già esplicitati nel paragrafo precedente, nella seguente tabella sono riportati, per ciascuno degli stati limite considerati, la probabilità di superamento PVR (*Tabella 3.2.I - NTC-2018*) ed i valori del periodo di ritorno TR dell'azione sismica per l'opera in esame:

Stati limite		Probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR	TR (anni)
Stati limite di esercizio	SLO	81 %	30
	SLD	63 %	35
Stati limite ultimi	SLV	10 %	332
	SLC	5 %	682

Probabilità di superamento PVR e periodo di ritorno TR dell'azione sismica per ciascuno degli stati limite considerati.

Nella seguente tabella sono riportate le coordinate e le distanze rispetto al sito analizzato dei quattro nodi del reticolo di riferimento considerati:

SITI DI RIFERIMENTO				
Sito	ID	Latitudine	Longitudine	Distanza (m)
1	18488	44,0856	10,0798	4558,164
2	18489	44,0876	10,1493	1208,733
3	18267	44,1375	10,1466	5045,534
4	18266	44,1355	10,0770	6690,907

Nodi di riferimento.

Di seguito vengono quindi riportati infine, per ogni stato limite considerato, i valori calcolati del periodo di ritorno T_R e dei relativi parametri spettrali che caratterizzano la pericolosità sismica di base del sito in esame:

Stati limite		T _R (anni)	a _g (g)	F _o (-)	T _c * (s)
Stati limite di esercizio	SLO	30	0,051	2,453	0,237
	SLD	35	0,054	2,457	0,242
Stati limite ultimi	SLV	332	0,141	2,406	0,284
	SLC	682	0,182	2,387	0,291

Parametri sismici per ciascuno degli stati limite considerati.

Risposta sismica locale

La valutazione della risposta sismica locale per il sito investigato è stata condotta utilizzando i seguenti parametri:

- Categoria di sottosuolo: E;
- Categoria Topografica: T4 (*Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$* - Tabella 3.2.III delle NTC-2018);
- Coeff. di amplificazione topografica S_T : per la categoria topografica T4 il valore di S_T è pari a 1.4 (Tab. 3.2.V delle NTC-2018).
- Coeff. di amplificazione stratigrafica S_s , Coeff. C_c e Coeff. di riduzione dell'accelerazione massima attesa β_s : per la categoria di sottosuolo E i valori di S_s , C_c e β_s per i diversi stati limite considerati sono stati ricavati in base a quanto riportato nella Tabella 3.2.IV e nella Tabella 7.11.I delle NTC-2018 e sono riportati nella seguente tabella;

Stati limite		S_s (-)	C_c (-)	β_s (-)
Stati limite di esercizio	SLO	1.60	2.04	0.000
	SLD	1.60	2.03	0.470
Stati limite ultimi	SLV	1.60	1.90	0.380
	SLC	1.52	1.88	0.000

Coefficienti S_s , S_T , C_c e β_s per ciascuno degli stati limite considerati.

Accelerazione orizzontale massima attesa al sito a_{max}

Le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono essere riassunte nella seguente tabella:

Stati limite		K_h (-)	K_v (-)
Stati limite di esercizio	SLO	0.000	0.000
	SLD	0.057	0.029
Stati limiti ultimi	SLV	0.120	0.060
	SLC	0.000	0.000

Valori di K_h e K_v attesi per ciascuno degli stati limite considerati

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, sulla base dei valori di S_s , S_T ed a_g ricavati in precedenza, l'accelerazione orizzontale massima a_{max} attesa al sito è definita nella seguente tabella:

Stati limite		S_s (-)	S_T (-)	a_g (g)	a_{max} (m/s ²)
Stati limite di esercizio	SLO	1.60	1.4	0,051	1.116
	SLD	1.60	1.4	0,054	1.197
Stati limiti ultimi	SLV	1.60	1.4	0,141	3.087
	SLC	1.52	1.4	0,182	3.795

Accelerazione massima attesa per ciascuno degli stati limite considerati.

7 - FATTIBILITA'

In linea generale la valutazione della *fattibilità* viene definita dalla sovrapposizione della pericolosità dell'area con la tipologia del rischio derivante dall'intervento/opera da realizzare. In termini generali la fattibilità è definita ai sensi delle direttive contenute nel D.P.G.R. n.5/R del 2020 in relazione alla pericolosità geologica, al rischio alluvioni ed alla pericolosità sismica.

Secondo quanto indicato dalla stessa normativa è opportuno distinguere la fattibilità in funzione delle situazioni di pericolosità riscontrate per i diversi fattori, geologici (geologici s.s., geomorfologici), idraulici e sismici, per una più agevole e precisa definizione delle condizioni di attuazione delle previsioni, delle indagini di approfondimento da effettuare a livello attuativo e delle opere eventualmente necessarie per la mitigazione del rischio derivante.

Al fine di giungere più facilmente alla sintesi delle problematiche legate ad ogni previsione di intervento si rimanda alla *“Relazione illustrativa e definizione della fattibilità geologica, idraulica e sismica”* (elaborato G1 dei P.A.B.E.).

Mediante l'abaco delle fattibilità contenuto nell'elaborato *“A3.1 Norme tecnico geologiche”* dei P.A.B.E., è possibile definire in maniera immediata i criteri minimi da seguire nella redazione di studi geologici, idrogeologici e geotecnici a supporto di ogni tipo di intervento presente nella matrice, in funzione delle diverse classi di pericolosità (geologica, idraulica e sismica). L'esecuzione degli interventi è infatti subordinata, in fase di progettazione, a tutti gli approfondimenti, prescrizioni e limitazioni riconducibili a ciascuna delle tre classi di fattibilità sopra elencate. È opportuno sottolineare come in aree caratterizzate da più classi di pericolosità si debba applicare la condizione di fattibilità più restrittiva.

Si ricorda inoltre che sono fatti salvi eventuali interventi derivanti da provvedimenti, prescrizioni e diffide emanati e imposti delle autorità competenti nel territorio (Regione Toscana, Comune di Carrara, Servizio Sanitario della Toscana, Polizia mineraria) in materia di sicurezza e in ottemperanza del D.P.R. n.128/1959 e del D. Lgs. N.624/1996 e della Guida operativa per la prevenzione e sicurezza delle attività estrattive della Regione Toscana e del Servizio Sanitario della Toscana.

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

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

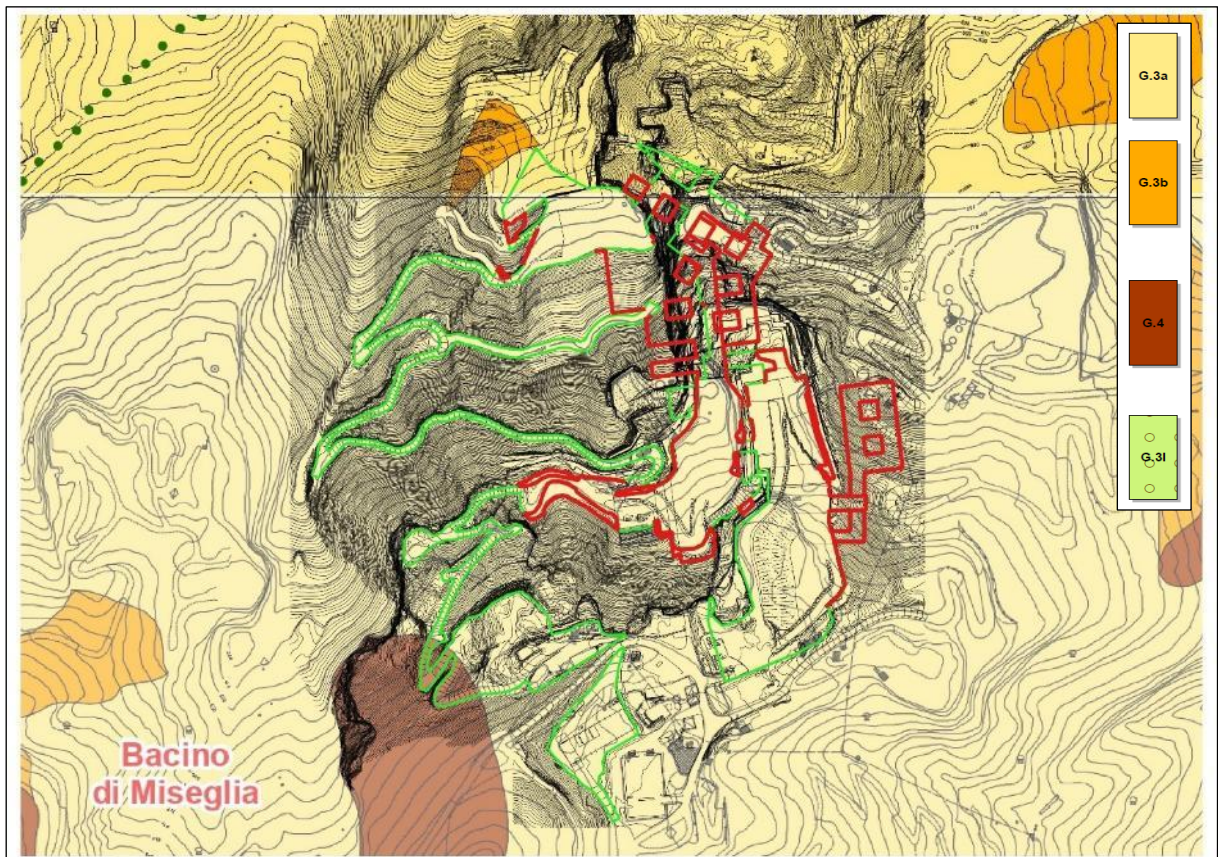
NOTE PRESCRITTIVE

- 1: le tipologie di intervento ammesse sul patrimonio edilizio esistente dalla Matrice di Fattibilità (N° int. 23/32) sono individuate ai sensi della L.R. 65/2014 e si riferiscono agli interventi ammessi dal PABE relativamente a ciascuna classificazione degli edifici e/o delle zone urbanistiche definite nelle NTA
- 2: corrispondono a opere di altezza superiore a 2 metri e/o che comportino una somma di volumi di scavo e di riporto superiore a 3 mc per ogni metro lineare di opera da realizzare; nelle seguente classe rientrano anche le barriere paramassi in terra e/o materiali granulari (denominate anche "rieste"), berlinesi di micropali e pali in c.a. e le opere di ingegneria naturalistica fondate su basamenti in c.a. sottofondati con micropali e/o pali in c.a. o altre opere su versante ad esse assimilabili

Matrice per la fattibilità, funzione della tipologia di interventi e delle pericolosità geologica, idraulica e sismica allegato alle "Norme Tecnico Geologiche" dei P.A.B.E. delle Alpi di Apuane, relativamente al Comune di Carrara.

Tutti gli interventi in progetto possono essere inseriti nelle categorie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 22, le quali vengono riportate nello schema matriciale dell'immagine precedente.

Nell'immagine successiva viene riportata la sovrapposizione dello Stato di Progetto in formato .dxf con il raster della "Carta della pericolosità geologica - Tav. Sud" (Tavola G5.2) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata approvati con Delibera di C.C. n.71 del 03/11/2020, opportunamente georiferito in ambiente GIS. Le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato (polilinee di colore verde) sono evidenziate con polilinee di colore rosso.



Sovrapposizione non in scala della tavola progettuale (le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato, polilinee di colore verde, sono evidenziate con polilinee di colore rosso.) con il raster della "Carta della pericolosità geologica Tav. Sud" (Tavola G5.2) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata.

È possibile verificare che le aree di lavorazione previste ricadano all'interno della classe di pericolosità geologica G.3a.

Il livello di fattibilità geologica è quindi F3.2g.

Il progetto ad oggi autorizzato (polilinee di colore verde) coinvolge aree classificate in pericolosità geomorfologica molto elevata (G4).

Le norme tecniche geologiche del PABE approvato prescrivono:

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.3° 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 giacaturali 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 all'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

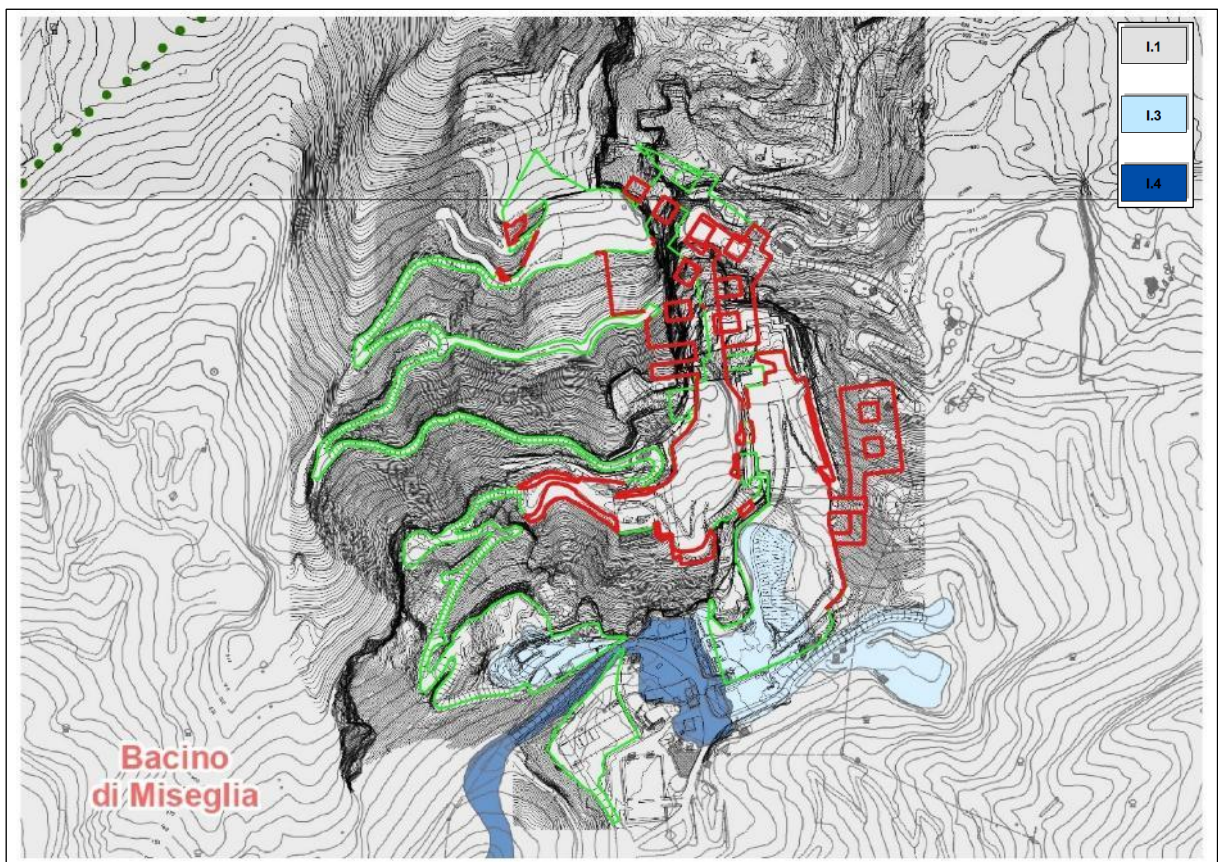
- a) carta geologica e geomorfologica di dettaglio in scala uguale o maggiore di 1: 2.000;
- b) la carta geomorfologica, derivante da rilevamento ex-novo e in scala uguale o maggiore di 1: 2.000, dovrà interessare, oltre al sito oggetto di studio, anche un suo intorno geologico/geomorfologico significativo 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. È 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.

Nell'immagine successiva viene riportata la sovrapposizione dello Stato di Progetto in formato .dxf con il raster della "Carta della pericolosità idraulica - Tav. Sud" (Tavola G6.2) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata approvati con Delibera di C.C. n.71 del 03/11/2020, opportunamente georiferito in ambiente GIS. Le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato (polilinee di colore verde) sono evidenziate con polilinee di colore rosso.



Sovrapposizione non in scala della tavola progettuale (le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato, polilinee di colore verde, sono evidenziate con polilinee di colore rosso.) con il raster della "Carta della pericolosità idraulica - Tav. Sud" (Tavola G6.2) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata.

È possibile verificare che le aree in cui insisteranno le operazioni di escavazione previste dal presente progetto ricadono tra quelle a **pericolosità idraulica bassa (I.1)**, che delimitano aree alluvionabili con $Tr > 200$ anni.

In considerazione delle tipologie di intervento sopra menzionate può essere associata una **fattibilità F1i**.

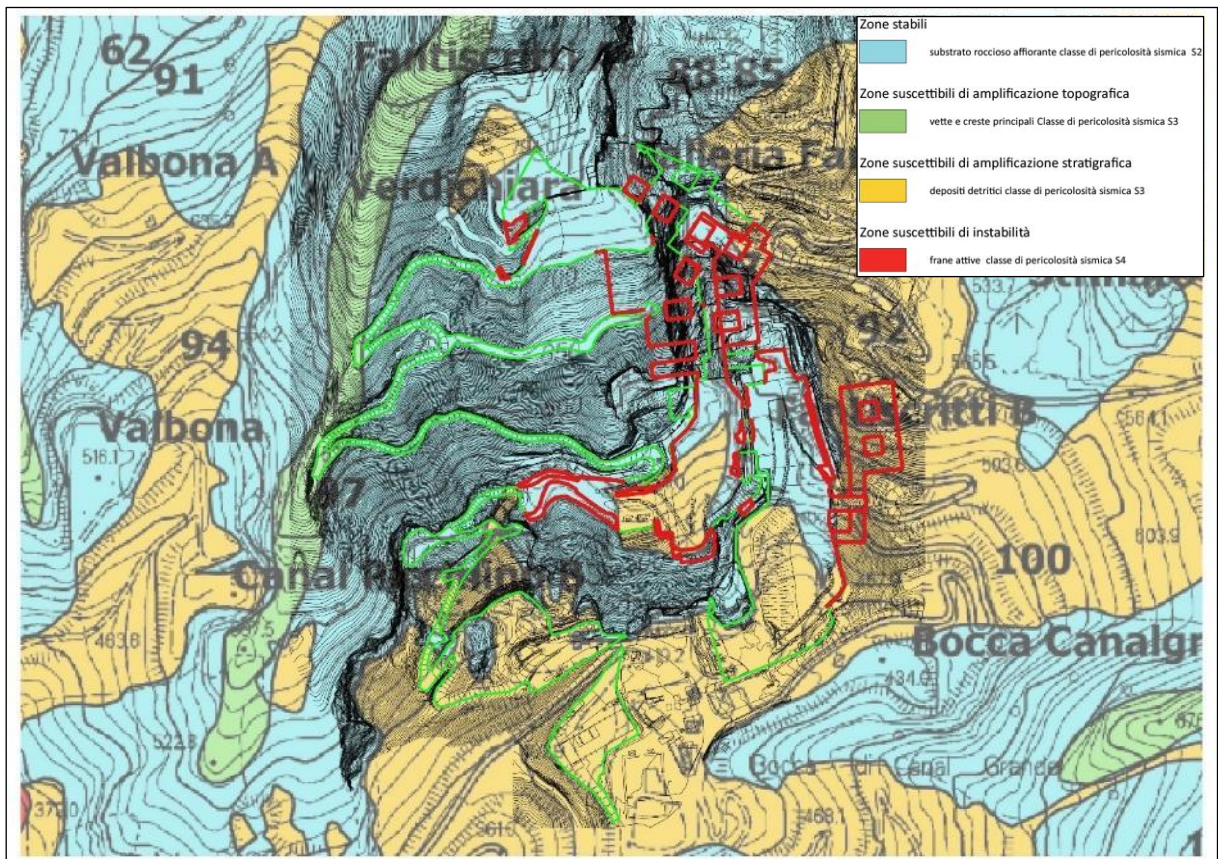
Il progetto ad oggi autorizzato (polilinee di colore verde) coinvolge aree classificate in pericolosità idraulica I.3.

Le norme tecniche geologiche del PABE approvato prescrivono:

Art. 16. Fattibilità condizionata (F1i)

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

Nell'immagine successiva viene infine riportata la sovrapposizione dello Stato di Progetto in formato .dxf con il raster della "Carta degli elementi generali con rilevanza sismica" (Tavola G7.1) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata approvati con Delibera di C.C. n.71 del 03/11/2020, opportunamente georiferito in ambiente GIS. Le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato (polilinee di colore verde) sono evidenziate con polilinee di colore rosso.



Sovrapposizione non in scala della tavola progettuale (le aree di scavo in galleria e a cielo aperto che vanno a modificare quanto già autorizzato, polilinee di colore verde, sono evidenziate con polilinee di colore rosso.) con la "Carta degli elementi generali con rilevanza sismica" (Tavola G7.1) del P.A.B.E. - Scheda 15 - Bacini di Torano, Miseglia e Colonnata.

È possibile verificare che le aree in cui insisteranno le operazioni di escavazione previste dal presente progetto sono inserite in parte nella categoria "Zone stabili (substrato roccioso

affiorante - classe di pericolosità sismica S2)”, ed in parte nelle “Zone suscettibili di amplificazione stratigrafica (depositi detritici - classe di pericolosità sismica S3)”.

In questo caso la fattibilità può essere definita sempre dalla matrice, intersecando la tipologia di intervento con la prima colonna della pericolosità sismica.

Il livello di fattibilità sismica più penalizzante è quindi F3s.

Le norme tecniche geologiche del PABE approvato prescrivono:

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.

8 - VALUTAZIONE DELLA STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

Per una valutazione della stabilità dei fronti di scavo si rimanda alla relazione geomeccanica e all'analisi di stabilità dei fronti di scavo.

Maggio 2026

Il tecnico
Dott. Geol. Nicola Landucci

