ALBERTO DAZZI
agronomo

Via Campo d'Appio 142/A
54033 Carrara
dazzialberto@tiscali.it
Tel. e Fax 0585 859622
Mob. 333 3778233

STUDIO DI GEOLOGIA
Dott. Brunello Forfori
Via VII Luglio, 34
54033 Carrara
mail: studio.forfori@gmail.com
Tel. e Fax 0585 53033
Mob. 393/9592397

REGIONE TOSCANA
COMUNE DI MINUCCIANO (LU)

PROGRAMMA DI RICERCA IDROGEOLOGICA FINALIZZATO ALLA VERIFICA DI POSSIBILI CONNESSIONI IDRAULICHE TRA LA CAVA BACOLAIO E LA SORGENTE "BARILLA" DEL GRUPPO DI EQUI

Committente	I Professionisti	
STONE WORKING SA de CV CALLE ESTOCOLMO – MEXICO Sede Italia: Via Frediani, 9 – 54100 – MASSA C.F./P.I. 01401450455	Dott. Geol Brunello Forfori	Dott. Agr. Alberto Dazzi

Carrara, 25 Gennaio 2021

INDICE

1 INTRODUZIONE 2
2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO OGGETTO DI INDAGINE 3
2.1 Considerazione generali 3
2.2 Il sistema idrogeologico del gruppo delle sorgenti di Equi 10
3 PIANIFICAZIONE DEL MONITORAGGIO 13
3.1 Premessa e metodologia scelta per il monitoraggio 13
3.2 Identificazione cartografica dei siti di iniezione e delle opere di captazione 14
3.2.1 Siti di iniezione 14
3.2.2 Sorgenti da monitorare 14
3.3 Materiali e metodi 15
4.0 MODALITA' ESECUTIVE DEL MONITORAGGIO E TEMPISTICHE 16
5 ANALISI DEI CAMPIONI ED ELABORAZIONE DEI RISULTATI 17
I campioni prelevati presso la sorgente, verranno opportunamente trattati in laboratorio ed analizzati attraverso un microscopio ottico per la ricerca delle spore eventualmente presenti nel campione trattato. 17
C. WOLKERSDORFER, I. TREBUSAK, N. FELDTNER (1997) - Development of a Tracer Test in a flooded Uranium Mine using *Lycopodium clavatum Tracer Hydrology 97 (Balkema 1997)*. 18
ALLEGATO 1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 1

1 INTRODUZIONE

I sottoscritti Dott. Agronomo Alberto Dazzi e Dott. Geologo Brunello Forfori, vista la richiesta di integrazione formulata dalla Conferenza dei Servizi presso il Parco delle Alpi Apuane del 18.11.2020 ed a seguito dell'incarico ricevuto dalla Società STONE WORKING S.A. de C.V. Srl, propongono il presente piano di indagine idrogeologica presso la cava Bacolaio (o Bacolaio di Cima) nel Bacino Marmifero di Acquabianca nel comune di Minucciano (LU).

Tale indagine viene proposta con la finalità di identificare una possibile connessione idraulica tra la cava Bacolaio e la sorgente Barilla del gruppo di Equi, all'interno del cui bacino di alimentazione è localizzato il sito di cava.

La presente relazione ha lo scopo di:

- inquadrare idrogeologicamente l'area di cava in un intorno significativo e in relazione alle principali strutture a scala regionale;
- indicare le motivazioni della scelta delle sorgenti da monitorare;
- illustrare e motivare la metodologia scelta per il monitoraggio anche in relazione a quanto riportato nell'*Allegato 6 – Metodi per il monitoraggio idraulico con tracciante artificiale documento dei Piani di Bacino di iniziativa Pubblica dei Bacini Estrattivi nel comune di Fivizzano* così come suggerito da ARPAT;
- fornire un cronoprogramma dettagliato della sequenza degli interventi necessari.

2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE DELL'ACQUIFERO OGGETTO DI INDAGINE

2.1 Considerazione generali

La figura seguente illustra la posizione delle principali sorgenti delle Alpi Apuane ed i limiti geometrici generali tra corpo carbonatico metamorfico, non metamorfico e rocce di altra natura, la figura è stata tratta dall'articolo "*Inquadramento Idrogeologico e geochimico degli acquiferi carsici nelle Alpi Apuane*" di Menichini-Doveri-Piccini, presentato al *42° Congresso di Idrogeologia - AQUA* del 2015.

Con cerchi di colore rosso è stato indicato il gruppo delle sorgenti di Equi; come visibile le sorgenti di Equi sono localizzate sul limite settentrionale del complesso metamorfico

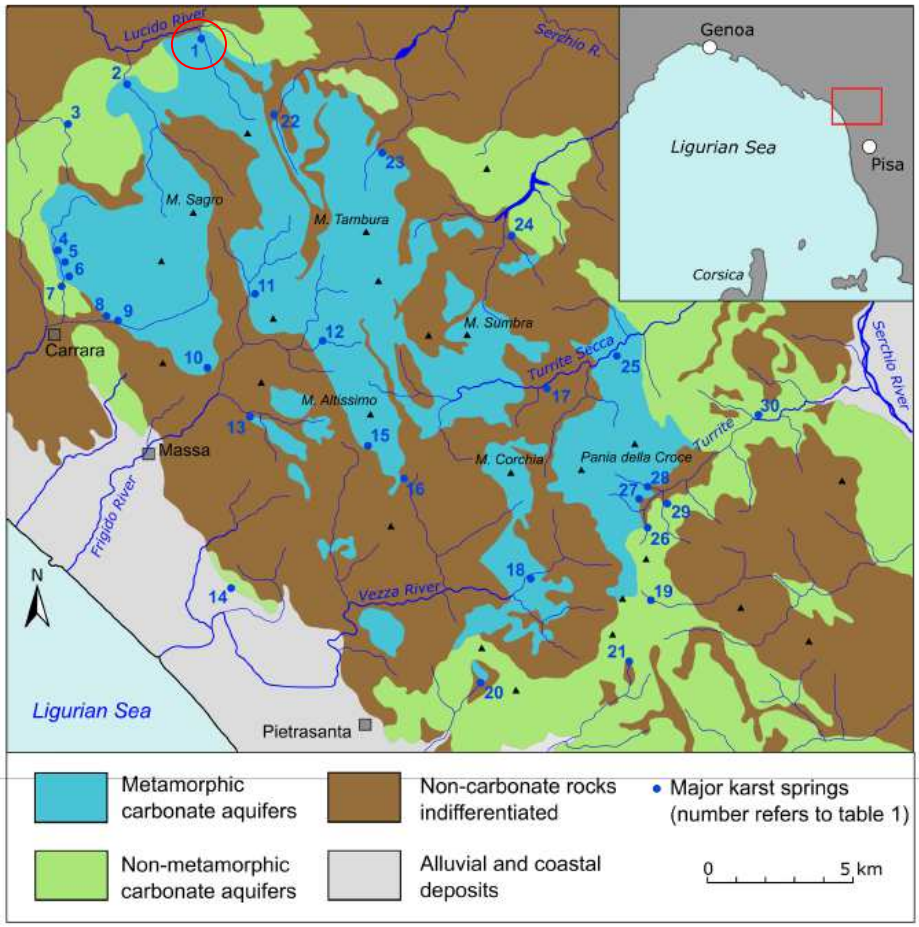


Figura 1 - Carta idrogeologica schematica delle Alpi Apuane.

Lo stralcio della carta seguente, figura 2, "*Carta delle grotte e delle sorgenti delle Apuane*" in scala 1:25.000 del Prof. Pranzini, Piccini et. AA. indica la posizione della cava Bacolaio rispetto alla sorgente che sarà oggetto di monitoraggio rappresentata dalla dalla Barilla (200l/sec) – num. Catasto 840, la più meridionale delle citate.

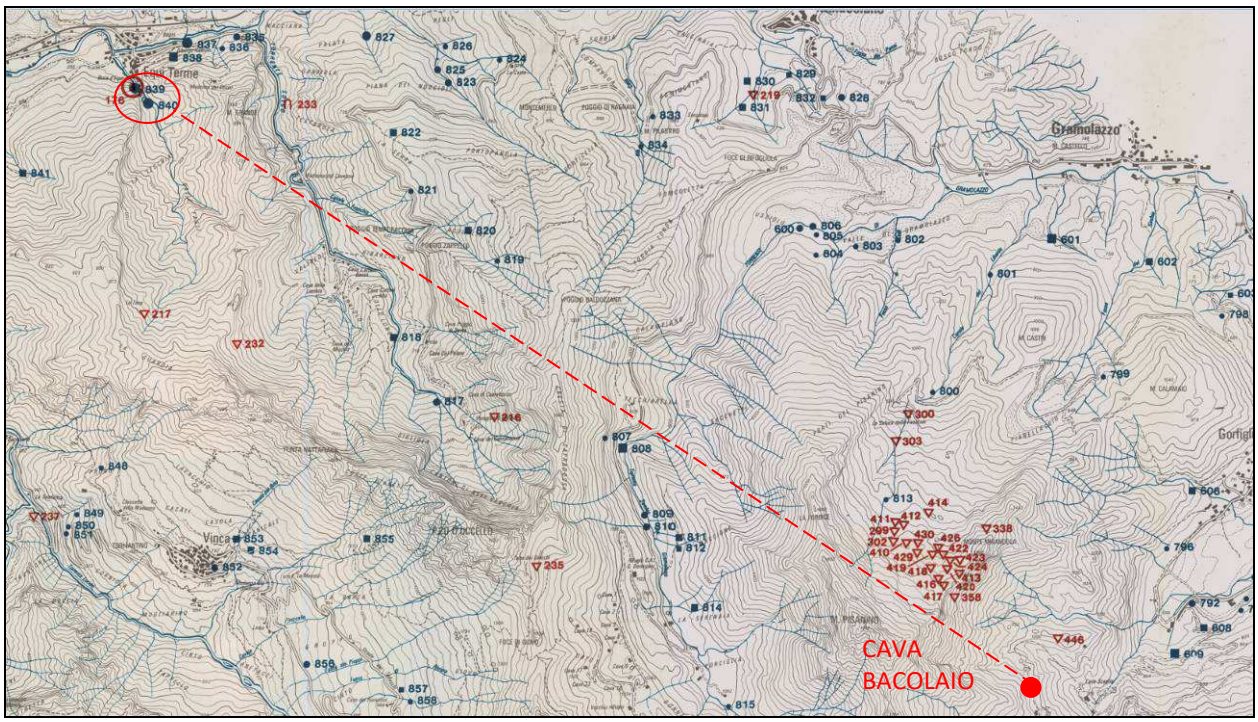


Figura 2 – Ubicazione delle sorgenti e della cava in studio con indicazione della sorgente che si prevede di monitorare: Barilla n°840.

Dal punto di vista geologico-idrogeologico, l'inquadramento di dettaglio dell'area di cava e di un suo intorno significativo è riportato all'interno della relazione geologica di compendio al progetto presentato.

In essa è stato bene evidenziato che l'area in oggetto ricade dal punto di vista idrogeologico in una zona complessa ed ancora in studio per poter chiarire quali siano le reali connessioni tra le strutture principali e le sorgenti carsiche delle Apuane.

In particolare, la cava ricade all'interno del bacino idrogeologico di alimentazione del gruppo delle sorgenti di Equi, come da studio del CARG – CISS Università di Siena - ***Studio prototipale delle sorgenti delle Alpi Apuane e dei Monti d'oltre Serchio, 2007***, già allegato alla relazione sulle caratteristiche geologiche-idrogeologiche dell'area di intervento e che come stralcio si ripropone come figura 3 seguente. La posizione è indicata all'interno del bacino di alimentazione delle sorgenti di Equi, la cava è nei pressi del limite "incerto" tra il bacino di Equi e dell'Acquabianca.

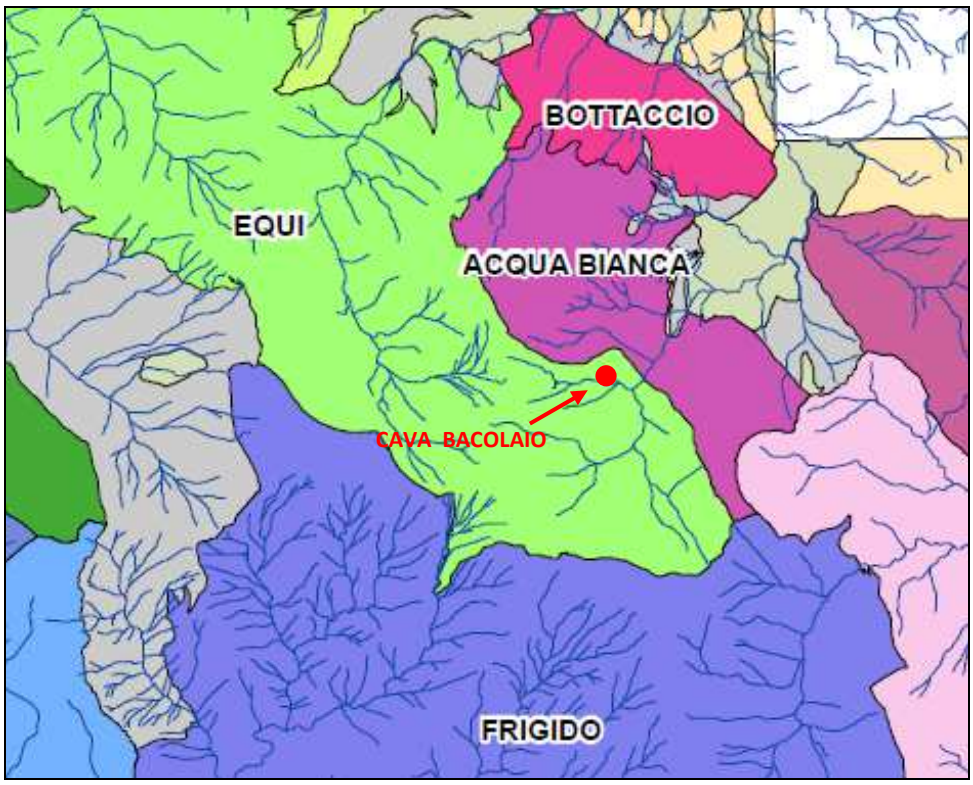
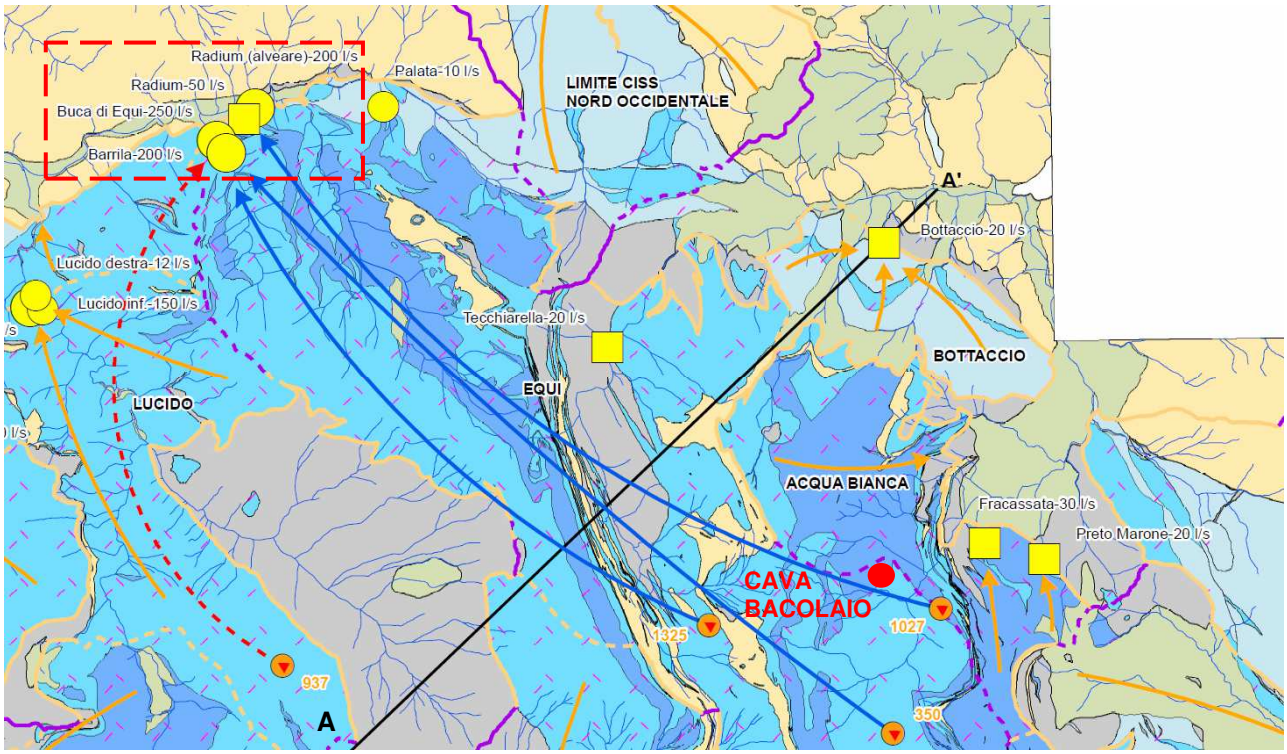


Figura 3 - Aree di alimentazioni dei sistemi idrogeologici secondo CISS Alpi Apuane e posizione cava – Allegato 9c studio citato

Come possibile osservare dalle figure 3 sopra e 4 sotto, la posizione della cava è localizzata nel bacino di alimentazione delle sorgenti di Equi, che confina a nord ed est con il bacino idrogeologico di Acquabianca.

Mentre ad esempio con il bacino di Acquabianca i limiti più settentrionali sono ben definiti (linea continua - figura 4), quelli orientali nell'area di studio risultano tratteggiati (linea viola tratteggiata – figura 4), indicando una incertezza che è ben comprensibile vista la complessità strutturale dell'area, sebbene prove di tracciamento all'interno delle emergenze carsiche LU-1027 "Buca dell'aria Ghiaccia", LU-1325 "Abisso Pannè" e LU-350 "Saragato" hanno dato esito positivo con le sorgenti del gruppo di Equi (Barilla e Buca d'Equi). Questa complessità è ben visibile dalle strutture superficiali con ad est la sinclinale di Gorfigliano e l'anticlinale del M.te Tambura, mentre ad ovest esistono una serie di altre strutture che cominciano con l'anticlinale del Piannellaccio ed a seguire una serie di strutture minori fino alla Sinclinale di Orto di Donna e all'Anticlinale e Sinclinale del M.te Contrario. Questa situazione strutturale che si protrae anche all'interno degli ammassi rocciosi, complica notevolmente i possibili percorsi delle acque sotterranee, che devono attraversare formazioni a differente permeabilità.



Classi di permeabilità relativa per i complessi idrogeologici in roccia

Hydrogeological Units

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

Limiti di bacino
Watershed and Recharge Area Boundaries

Limite di bacino idrografico
Watershed divide

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico coincidente con limite di bacino idrografico:
Recharge area boundary (same as watershed divide)

certo *Definite*

presunto *Inferred*

Limite di area di alimentazione di sistema idrogeologico:
Recharge area boundary

certo *Definite*

presunto *Inferred*

Principali direttrici di deflusso sotterraneo in sistema idrogeologico carbonatico
Groundwater Flow Direction

certa *Definite*

incerta *Uncertain*

presunta *Inferred*

Principali cavità carsiche con indicazione del numero di catasto F.S.T. (sede di prova di tracciamento) 175
Dye test (cave)

Punto di immissione di tracciante idrogeologico naturale
Dye test (fracture)

Figura 4 - Allegato 9a studio CISS Alpi Apuane – delimitazione dei bacini idrogeologici di alimentazione

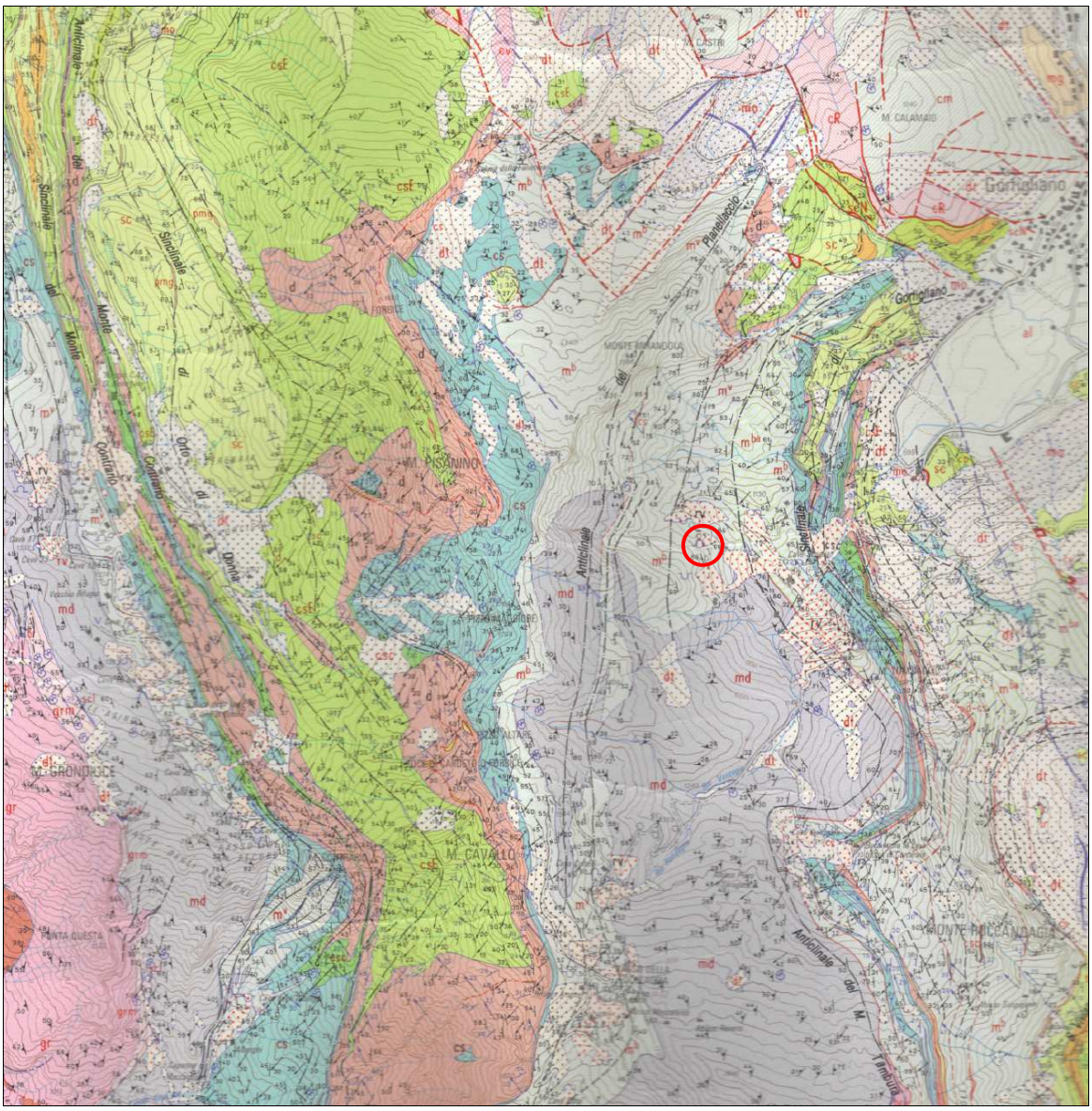


Figura 5 - Stralcio carta geologico-strutturale delle Alpi Apuane – Foglio Nord (*Meccheri et. Ali.*) – posizione del sito di cava.

Prendendo come riferimento la sezione di figura 6 seguente, tracciata sulla figura 4 anche se più a nord rispetto alla posizione della cava, è possibile avere una indicazione della condizione strutturale e tipologia di emergenza, riferibile a grandi linee anche alle altre sorgenti presenti precedentemente indicate nelle figure mostrate.

La complessità strutturale si riflette anche in profondità; a tal proposito si ricorda che Piccini et al. (1999) suppongono l'esistenza "*di un'unica rete attraverso la quale sono possibili scambi tra sistemi confinanti attraverso vie di flusso secondarie, soprattutto in condizioni ipercritiche di alimentazione, come avviene in concomitanza di forti eventi di precipitazione*". In considerazione di quanto riportato anche in precedenza, si concorda con questa ipotesi e si deve ammettere che i sistemi carsici individuati non siano da considerarsi *sistemi chiusi*, ma rappresentano la condizione normale di alimentazione in cui gli scambi idrici sotterranei con strutture contigue sono

quantitativamente trascurabili, al contrario di quanto invece può accadere in condizioni ipercritiche.

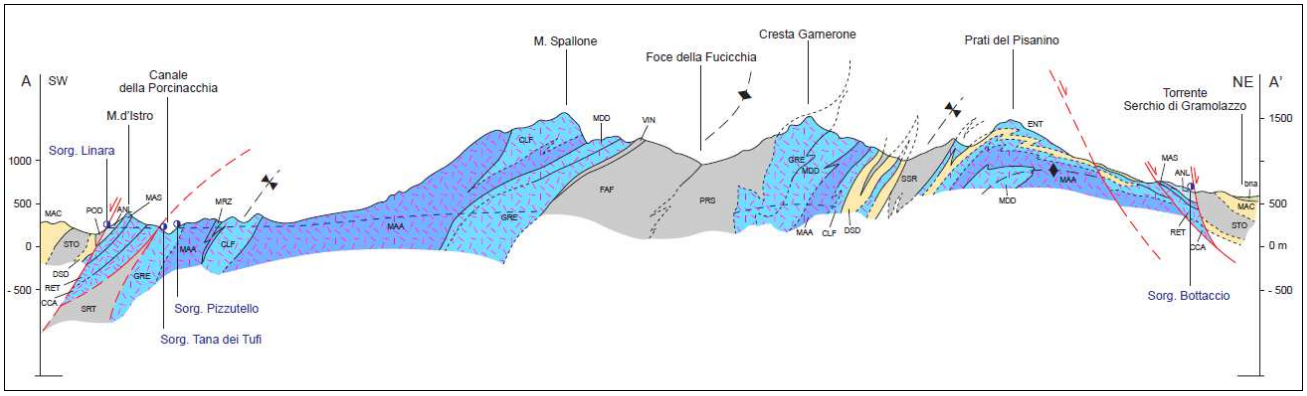


Figura 6 - Sezione A-A' tracciata a nord dell'emergenza oggetto di monitoraggio, indicata nella figura precedente che illustra le strutture principali che caratterizzarono la potenziale area di alimentazione.-

Per la natura carbonatica dei complessi idrogeologici del CISS-AP, la dinamica della circolazione sotterranea è legata principalmente a sistemi fessurati e carsici che presentano un notevole grado di complessità. Il carsismo inoltre, determinando un elevato coefficiente di infiltrazione e causando una riduzione del ruscellamento superficiale, rappresenta uno dei più importanti fattori di controllo nel sistema idrodinamico in oggetto.

In un dominio in cui il carsismo rappresenta un fattore dominante nella circolazione sotterranea, le indagini speleologiche permettono di avere informazioni sulla zona satura che, correlate a quelle sulle sorgenti, consentono di individuare il gradiente della superficie piezometrica negli acquiferi in roccia. Queste informazioni congiuntamente alla conoscenza dell'andamento degli spartiacque idrogeologici rispetto agli spartiacque idrografici sono di notevole importanza nella definizione del modello concettuale del deflusso sotterraneo. Pertanto è necessario valutare le aree di alimentazione dei sistemi idrogeologici, per definire le modalità di deflusso e della restituzione delle acque sotterranee.

Si noti che dalla ricostruzione della sezione sopra la falda è localizzata a profondità di circa 500m s.l.m., e pertanto in funzione della quota relativa delle aree esterne (esempio aree di cava) risulta più o meno lungo e complesso il percorso di filtrazione fino alla stessa.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area di cava rispecchia la permeabilità e la struttura delle formazioni presenti nell'intorno. Queste, sulla base del tipo e grado di permeabilità, sono state distinte in Tavola 5_Inquadramento Idrogeologico, scala

1:5000, e Tavola 6, Sezioni Idrogeologiche, scala 1:5000 allegate al progetto di coltivazione già presentato.

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

- Litotipi permeabili per porosità: questa porosità detta anche "primaria" è caratteristica dei litotipi incoerenti, in cui esistono dei vuoti fra i granuli. Tra le formazioni presenti permeabili per porosità si ricordano:
  - Depositi detritici / ravaneti: questi accumuli detritici, sia artificiali che di versante, sono permeabili per porosità, in quanto incoerenti e costituiti da elementi a spigoli vivi, con ampia variazione granulometrica. Nei ravaneti non si riscontra la presenza di falda idrica, perché le acque meteoriche infiltratesi ed ivi circolanti vengono assorbite direttamente dal substrato calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo. La velocità di infiltrazione all'interno del substrato dipende dalla quantità di materiale fine presente nel corpo detritico.
- Litotipi permeabili per fratturazione e carsismo: la permeabilità per fratturazione è legata alla presenza negli ammassi rocciosi di fessure. Il sistema più o meno continuo che esse formano determina il grado di permeabilità per fessurazione, proprietà acquisita e legata per lo più a fratture generate da sforzi tettonici. Dove la composizione dell'ammasso è favorevole, queste fratture possono essere allargate da fenomeni chimico-fisici che portano a processi di dissoluzione con formazioni di cavità beanti. In particolare, il processo carsico, si verifica quando l'acqua circolante all'interno delle discontinuità si trova in condizioni di pressione e temperature idonee alla dissoluzione della roccia.

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

- Rocce ad alta permeabilità – classe V: rientrano in tale classe le formazioni dei marmi s.s. e dei marmi della Formazione di Arnetola, la cui composizione carbonatica prevalente consente ai fluidi di passaggio di esercitare processi chimici tipici determinandone localmente un rilevante sviluppo;
- Rocce a medio-alta permeabilità – classe IV: rientrano in questa classe i calcari selciferi, i calcescisti ed i calcari ad Entrochi nei quali alcuni livelli (siliceii) risultano non aggredibili come i calcari puri dalle acque circolanti, pertanto la loro

permeabilità risulta ridotta rispetto ai precedenti, anche se presentano un grado medio legato sia a fratturazione che a fenomeni carsici;

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

In conclusione, per quanto si evince dall'analisi della condizione idrogeologica generale dell'area, si è valutato di procedere al monitoraggio della sorgente che potenzialmente poteva avere una connessione con l'area di cava in considerazione della struttura tettonica a grande scala, degli studi già effettuati in passato (sorgenti di Equi – Barilla), dell'accessibilità e facilità di installazione delle trappole necessarie a raccogliere i traccianti.

Al fine di non introdurre potenziali inquinanti, la metodologia prescelta impiegherà come tracciante spore colorate di *Lycopodium clavatum L.*, già utilizzato dagli scriventi per la ricerca di connessioni idrauliche tra siti estrattivi e sorgenti Apuane (tra cui la stessa Barilla).

2.2 Il sistema idrogeologico del gruppo delle sorgenti di Equi

L'idrostruttura del sistema a grande scala è definita dai complessi carbonatici (in prevalenza Grezzoni, GRE, Marmi dolomitici, MDD, Marmi, MAA, e Calcari selciferi a Entrochi, ENT) delle anticlinali di Vinca e della Tambura, ed è delimitata a Ovest dai Porfiroidi (PRS) del Basamento Ercinico. L'area di alimentazione del sistema di Equi (vedi figura 7 seguente) è estesa per oltre 21 Km^2 ed è divisa:

- a Sud dal sistema del Fiume Frigido, con tratti non ancora definiti con certezza, delimitati con uso di traccianti;
- ad Est un limite anche in questo caso in parte incerto;
- più a Nord con il sistema del Bottaccio, anch'esso con limiti di incertezza..

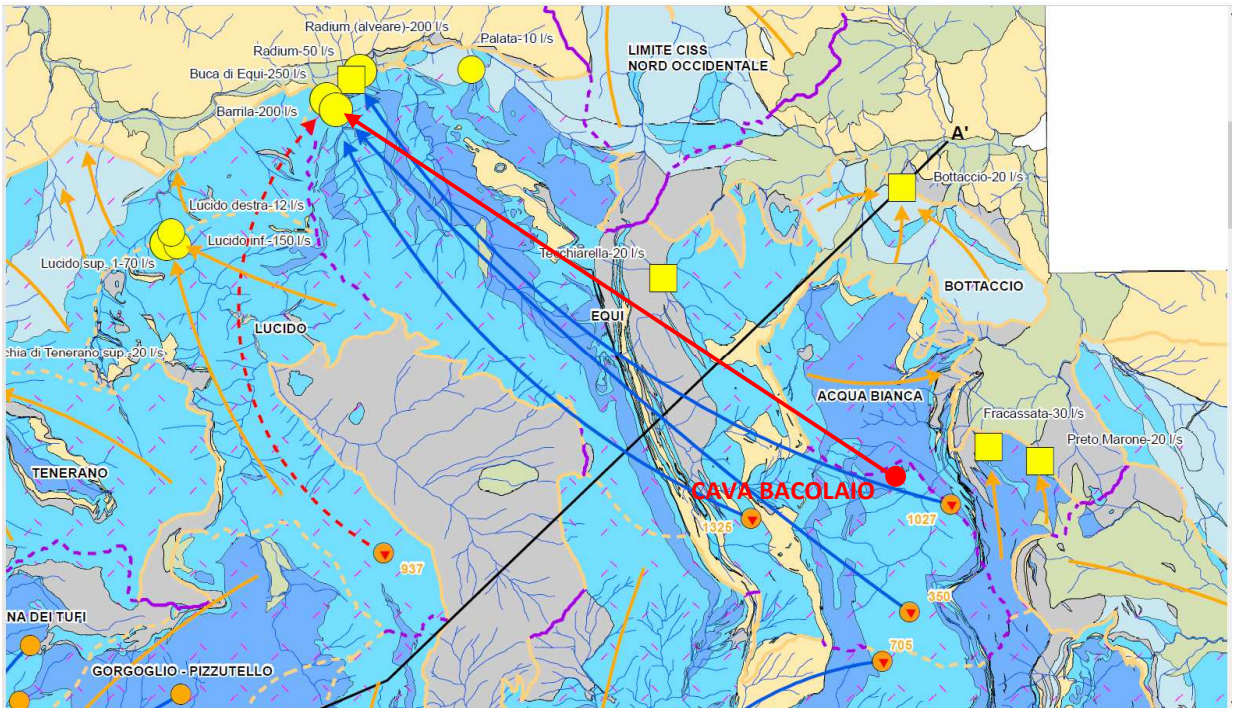


Figura 7 – Stralcio della tavola 9A – studio del CISS Alpi Apuane – si può vedere il bacino idrogeologico del gruppo delle sorgenti di Equi – le frecce blue indicano le connessioni certe con le emergenze carsiche citate nella relazione, la freccia il collegamento tra la posizione della cava e della sorgente da monitorare.-

Ulteriori studi sono necessari per definire il limite con il sistema del Lucido, fissato tentativamente seguendo lo spartiacque idrologico in sinistra orografica del Fosso di Fagli. I principali corsi d'acqua che lo attraversano sono individuabili nella parte iniziale del T. Serchio di Gramolazzo e del Rio Ventaglio nel settore sud-orientale, e nel Fosso di Fagli e nel Torrente Solco, affluenti di sinistra del Torrente Lucido di Equi, nella parte settentrionale del sistema.

Tale sistema è caratterizzato da una circolazione idrotermale che ha le proprie scaturigini nella zona di Equi Terme, le cui sorgenti calde (Radium, Q_{media}=50 L/s e Radium alveare, Q_{media}=200 L/s) sono localizzate in sinistra orografica del Torrente Lucido, mentre le sorgenti fredde Barrila (Q_{media}=200 L/s) e Buca d'Equi (Q_{media}=250 L/s) sono poste lungo il corso del Fosso di Fagli, in prossimità del contatto Marmi Dolomitici (MDD)-Calcari selciferi (CLF); tali sorgenti sono poste rispettivamente a quota 265 e 260 m s.l.m. a monte dell'abitato di Equi Terme (Provincia di Massa-Carrara). All'altezza del M. Pisanino il sistema è suddiviso in un sottosistema dagli Scisti sericitici (SSR) della sinclinale di Orto di Donna il cui recapito principale è costituito dalla sorgente Tecchiarella (Q_{media}=20 L/s). Nel complesso non carbonatico del Macigno (MAC) a Nord del sistema, sono presenti numerose sorgenti captate; localmente possono essere legate alla presenza di coperture detritiche.

Nella zona sud orientale si trova un'importante area carsica: la Carcaraia. In essa sono localizzate oltre un centinaio di cavità carsiche, tra cui le quali il Complesso P.

Saragato-Buca dell'Aria Ghiaccia (T/LU 350 e T/LU1027, -1085 m), Complesso del Pannè (T/LU 1325,-1085 m), e Abisso Mani Pulite (T/LU 1159, -1040 m). Quest'ultimo complesso ha un dislivello totale di oltre 1200 metri ed uno sviluppo planimetrico di oltre 2 Km. L'Abisso Mani Pulite, probabilmente connesso con il Complesso P. Saragato-Buca dell'Aria Ghiaccia, presenta un dislivello totale di oltre 1000 metri ed un'estensione in pianta di circa 1.5 Km. Entrambe le cavità vanno ad intercettare la superficie freatica con sifoni posti a quote comprese tra 340 e 480 m s.l.m. Localmente si ritrovano sifoni pensili posti a quote superiori (Abisso Mani Pulite 720 m s.l.m.; Complesso Abisso P. Saragato-Buca dell'Aria Ghiaccia 765 m s.l.m.). Da segnalare la presenza di un importante collettore che percorre le gallerie nel tratto terminale dell'Abisso Mani Pulite. Il collettore proveniente da Ovest prosegue verso Nord fino a raggiungere il sifone terminale della cavità che segna anche l'inizio della zona satura.

Da colorazioni effettuate la parte Nord-occidentale della Carcaraia (colorazioni dell'Abisso Pannè, T/LU 1325, Abisso P. Saragato, T/LU 350, e Buca dell'Aria Ghiaccia, T/LU 1027; Piccini in AA.VV., 2002) risulta essere in collegamento idraulico con le sorgenti di Equi (Sorgente Barrila e Sorgente della Buca di Equi); da qui la scelta di monitorare la sorgente Barilla.

3 PIANIFICAZIONE DEL MONITORAGGIO

3.1 Premessa e metodologia scelta per il monitoraggio

Come suggerito da ARPAT nella nota allegata al verbale della Conferenza Servizi del 18.11.2020, si è proceduto a visionare l'*Allegato 6 – Metodi per il Monitoraggio Idraulico con Tracciante Artificiale* che fa parte della documentazione di supporto ai PABE del comune di Fivizzano e redatto da Università di Siena.

Dalla lettura del documento si evince che tra le tipologie di traccianti che possono essere impiegate, viene data indicazione per utilizzo del Tinopal CBS-X, derivato del diaminostilbene, ed utilizzato come colorante artificiale (sbiancante ottico). In considerazione di quanto si evince dalla lettura del documento e delle caratteristiche della sostanza di cui sopra (tossicità non esclusa completamente, fotosensibilità, diminuzione della solubilità con l'aumento della durezza delle acque, etc.), si preferisce continuare ad impiegare traccianti naturali come le spore colorate con coloranti alimentari così da escludere possibili fonti di inquinamento per uomo ed ambiente.

Inoltre, visto che il monitoraggio con questa metodologia viene già impiegato da anni, gli scriventi sono già dotati delle attrezzature necessarie (trappole in rete di acciaio micrometrica, microscopio ottico, coloranti artificiali, spore inertizzate, etc.).

L'utilizzo delle spore comunque soddisfa i requisiti generali proposti nel documento allegato al PABE di Fivizzano quali soprattutto assenza di tossicità per l'uomo e l'ambiente; non visibilità da parte di terzi; facile distinguibilità in fase di analisi; possibilità di determinazione anche in concentrazioni basse.

Per quanto riguarda la metodologia che verrà seguita, si ritiene utile l'articolazione proposta nel documento sopra, che in parte è sovrapponibile a quella già impiegata dagli scriventi per altri monitoraggi condotti nell'area Apuana.

Di seguito si riporta l'articolazione che verrà seguita nella fase di monitoraggio.

3.2 Identificazione cartografica dei siti di iniezione e delle opere di captazione

3.2.1 Siti di iniezione

Quali punto di iniezione del tracciante all'interno dell'area di cava è stata scelta una frattura beante localizzata lungo la base della viabilità a q.ta 1130.0m s.l.m. circa, con le seguenti caratteristiche:

TABELLA 1 – IDENTIFICAZIONE PUNTI DI IMMISSIONE SPORE								
N° immissione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate Gauss-Boaga		Orientazione Dip Dir./Dip	Apertura mm	Persistenza m	Condizione frattura Alterazione/Riempimento	Riferimenti cartografici e foto
1	1.131	N E	4.887.034 1.598.245	170°/62°	>10mm	>20m	limitatamente alterata con ossidazione scura; priva di riempimento	Tavola 1 Foto 1 – 2

Per una ulteriore verifica del punto di immissione, al momento della fase esecutiva, questo sarà riverificato con uso di GPS.

3.2.2 Sorgenti da monitorare

Nello schema seguente sono state riportate le caratteristiche principali della sorgente che si è scelto di monitorare sulla base di tracciamenti effettuati in passato e che hanno fornito indicazioni di potenziali collegamenti idraulici con l'area del bacino estrattivo di Acquabianca.

Nella tabella sono state riportate la denominazione della sorgente, l'ubicazione in coordinate chilometriche Gauss-Boaga, la portata media ricavata dallo studio idrogeologico condotto dall'Università di Siena, la quota in m.s.l.m., la distanza chilometrica tra il sito di cava Bacolaio e sorgente monitorata, ed i riferimenti cartografici della relazione:

TABELLA 2 - IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI						
SORGENTE	COORDINATE GAUSS-BOAGA		PORTATA MEDIA (l/sec)	QUOTA (m s.l.m.)	DISTANZA CAVA-SORGENTE (km)	RIFERIMENTI CARTOGRAFICI
Equi - Barrila (N°840)	N	4.891.054	200	260	7,5 circa	Figura 2 Figura 4 Foto 3
	E	1.592.175				

La sorgente di Equi Barilla è stata scelta perché risultata positiva alle prove di tracciamento, che risulta, secondo gli studi effettuati (rif. "*I Sistemi Carsici del versante*

Settentrionale del Monte Tambura" – Leonardo Piccini – Speleologia n°44 anno 2001 e la sintesi in *Tavola 9a – Carta delle Aree di Alimentazione dei Sistemi Idrogeologici - Corpo Idrico Sotterraneo Significativo delle Alpi Apuane*) in connessione idraulica con la emergenza carsica denominata T-LU 1027 Buca dell'Aria Ghiaccia posizionata a circa 700m dal sito di cava in posizione SE, le cui linee di flusso sotterranee attraversano con direzione SE-NW il bacino.

3.3 Materiali e metodi

Al fine di valutare la possibile connessione idraulica tra la cava Bacolaio e le sorgenti più prossime alla cava in esame, si procederà all'immissione di spore di *Lycopodium clavatum* L., opportunamente colorate, in fessure o cavità presenti all'interno della cava.

Il Lycopdio funzionerà quindi da tracciante in quanto, attraverso opportune trappole, le spore verranno catturate all'interno delle opere di captazione delle sorgenti. A questo proposito verranno utilizzati filtri da 22,5 micron, diametro sufficientemente piccolo per trattenere le spore (diametro 28 micron).

Al fine di garantire le massime condizioni igienico-sanitarie, per marcare le spore, saranno utilizzati coloranti di origine naturale, di quelli ampiamente impiegati nell'industria alimentare per la preparazione dei cibi e quindi completamente atossici.

I supporti per i filtri che saranno installati nelle opere di captazione delle sorgenti al fine di catturare le spore, sono costruiti in acciaio inossidabile per non pregiudicare la qualità delle acque.

Al fine di non alterare l'equilibrio ecologico della flora apuana le spore di *Lycopodium clavatum L.* saranno sottoposte a temperature di 100/150 °C per circa 30 minuti al fine di assicurarne la completa disidratazione e quindi la perdita della capacità germinativa, secondo quanto indicato dalla Dott.ssa Cecchi del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università di Firenze. E' stato dimostrato che tale trattamento inibisce completamente la germinazione delle spore e quindi la propagazione della specie nell'ambiente.

Inoltre essendo le spore provenienti esclusivamente da protalli maschili la capacità di formare piante adulte è pressoché nulla.

Si prevede di veicolare non meno di 1Kg di spore colorate con un minimo di 3.000lt di acqua.

4.0 MODALITA' ESECUTIVE DEL MONITORAGGIO E TEMPISTICHE

La sorgente è già stata in passato oggetto di monitoraggio da parte degli scriventi, pertanto si conoscono già i percorsi ed i punti di installazione delle trappole.

In cava, alla attivazione del sito dopo le previste autorizzazioni, si procederà realizzando il collegamento di accesso con la viabilità principale, così da procedere a ripulire il piano di q.ta 1148.0m s.l.m. circa e posizionare su di esso le cisterne per l'acqua da utilizzare per la prova (3 bidoni da circa 1000lt).

Il giorno antecedente quello di immissione si procederà a posizionare le trappole presso le sorgenti del gruppo di Equi.

Si procederà quindi ad immettere le spore colorate all'interno della frattura veicolandole progressivamente con acqua.

Terminata la fase di immissione delle spore, a circa 12.00h dall'immissione si procederà a realizzare un primo campionamento, che sarà preceduto dalla raccolta dei principali dati delle acque della sorgente quali temperatura, ph e torbidità.

In considerazione della tipologia di monitoraggio che si effettuerà e della distanza punto di immissione-sorgente, questo andrà avanti per non meno di 90gg, in funzione anche del regime pluviometrico del periodo, con un cronoprogramma come quello che segue, il quale si evidenzia potrà subire cambiamenti in funzione dell'andamento metereologico:

- primo campionamento a 12 ore dall'immissione;
- secondo campionamento il giorno successivo;
- terzo campionamento a tre giorni dal secondo;
- quarto ad una settimana dal terzo campionamento;
- quinto a 15gg dal quarto;

per i successivi 3 mesi (90gg) 1 campionamento al mese in funzione dell'andamento pluviometrico dell'area di immissione.

In considerazione comunque della posizione della cava rispetto alla sorgente, la fase di campionamento sarà protratta per un arco di tempo medio-lungo con un massimo di 12 mesi.

5 ANALISI DEI CAMPIONI ED ELABORAZIONE DEI RISULTATI

I campioni prelevati presso la sorgente, verranno opportunamente trattati in laboratorio ed analizzati attraverso un microscopio ottico per la ricerca delle spore eventualmente presenti nel campione trattato.

I dati emersi verranno messi in relazione all'andamento meteorologico rilevato durante la fase di campionamento e rielaborati sulla base di un'analisi statistica.

I risultati del monitoraggio serviranno a stabilire l'esistenza o meno di una possibile connessione idraulica tra l'area della cava Bacolaio e la sorgente oggetto di monitoraggio.

Si resta disponibili per eventuali chiarimenti o integrazioni al presente programma.

Carrara li, 25/01/2020

I TECNICI

Dott. Geol. Brunello Forfori

Dott. Agronomo Alberto Dazzi

BIBLIOGRAFIA

UNIVERSITA' DI FIRENZE SIENA E POLITECENICO DI TORINO (2002) – Studi conoscitivi sui bacini marmiferi industriali di Carrara: un contributo per la gestione pianificata dell'attività. GEAM Associazione Georisorse e Ambiente.

Prof. LEONARDO PICCINI – Speleologia n°44 anno 2001 - *I Sistemi Carsici del versante Settentrionale del Monte Tambura*

FELTER H.W., LLOYD J.U. (2000) – *Lycopodium (U:S:P:) – Lycopodium*. King's American Dispensatrory.

MORGAVI A. (1998) – *L'uso dei sistemi informativi geografici (GIS) per la gestione delle risorse idriche* Atti del Convegno "Le acque di Montagna" 12-13 Settembre 1998 Ceresole Reale – Club Alpino Italiano Comitato scientifico Ligure. Piemontese, Valdostano.

PEANO G. (1998) – *Le acque carsiche: studio, utilizzazione e tutela.* Atti del Convegno "Le acque di Montagna" 12-13 Settembre 1998 Ceresole Reale – Club Alpino Italiano Comitato scientifico Ligure. Piemontese, Valdostano.

C. WOLKERSDORFER, I. TREBUSAK, N. FELDTNER (1997) - Development of a Tracer Test in a flooded Uranium Mine using Lycopodium clavatum Tracer Hydrology 97 (Balkema 1997).

UNIVERSITA' DI SIENA – REGIONE TOSCANA (1997) - "Studio idrogeologico prototipale del corpo idrico significativo dell'acquifero carbonatico delle Alpi Apuane, Monti d'Oltre Serchio e S. Maria del Giudice".

CNR – CIVITA et Al (1991) – Carta della vulnerabilità all'inquinamneto degli acquiferi delle Alpi Apuane (toscana – italia).

ALLEGATO 1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

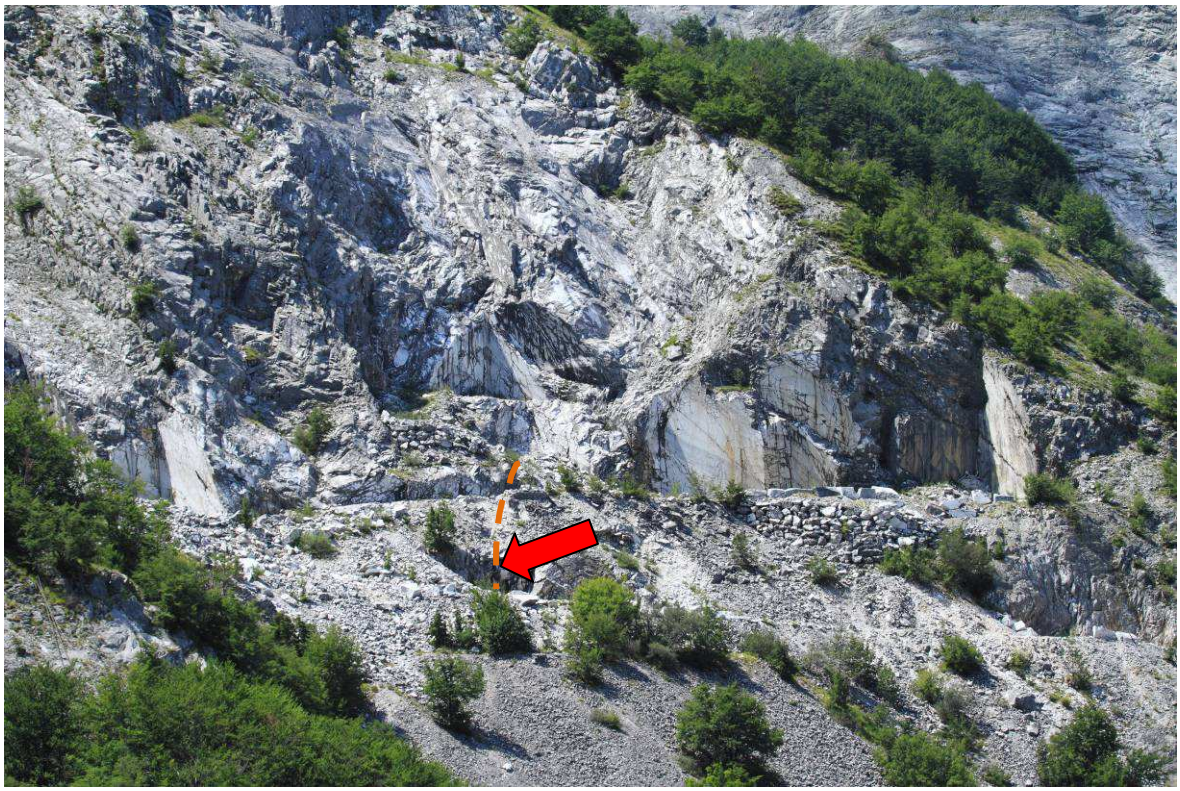


Foto 1 - Panoramica della cava allo stato attuale con indicata in rosso la posizione del punto scelto per l'immissione del tracciante ed in arancione frattura appartenente al sistema K1 (170°/62°).

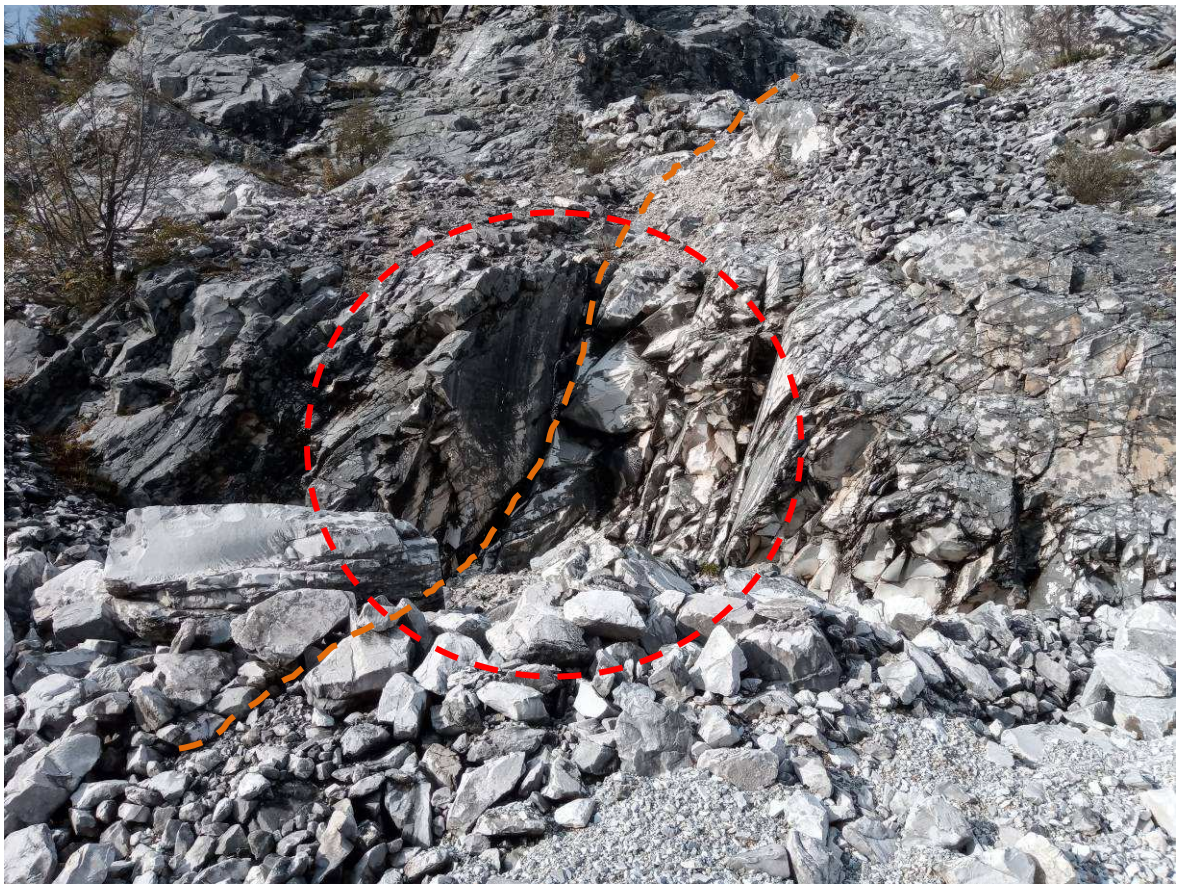


Foto 2 - Punto di immissione del tracciante (cerchio rosso) con indicata in arancione la frattura appartenente al sistema K1 (170°/62°)

Foto 3 - Documentazione fotografica di archivio – monitoraggio presso sorgente Barilla.

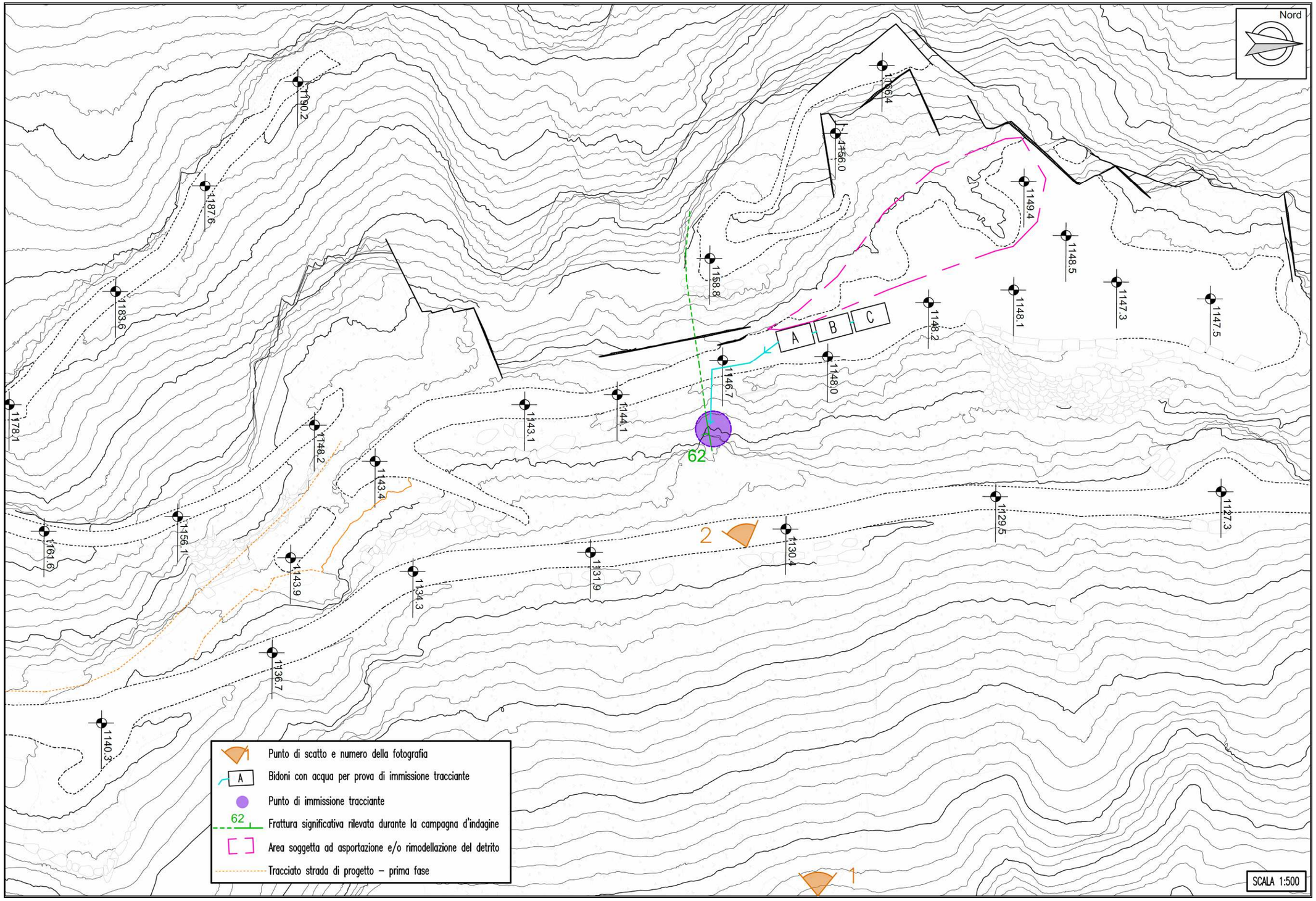



Tavola localizzazione della frattura e intervento per monitoraggio