# VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE DEI PRINCIPALI SISTEMI DI FRATTURAZIONE RINVENUTI ALL'INTERNO DELLA CAVA PIASTRAIO E RELATIVE CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL CARSISMO.

## PREMESSA

La presente relazione va ad integrare quanto già descritto all'interno dei vari elaborati presentati a corredo del SIA relativo alla variante in riduzione al progetto di coltivazione della cava Piastraio, ubicata in località Monte Corchia, nel Comune di Stazzema, ed esercita dalla soc. Coop. Condomini Lavoratori Beni Sociali di Levigliani a r.l..
La variante prevede alcune modifiche progettuali in relazione alla richiesta del Parco delle Alpi Apuane e della Commissione Paesaggistica di valutare una riduzione delle dimensioni del progetto a cielo aperto pur essendo ad oggi autorizzato.
L'integrazione si è resa necessaria a seguito della seguente richiesta formulata in sede di conferenza dei servizi del 02/09/2021:
……..
*b) il proponente dovrà presentare un'attenta analisi dell'ambiente carsico presente nell'area individuando tutte le misure idonee per limitare gli impatti delle lavorazioni.*
……..
In data 22 marzo 2021 è pervenuta una segnalazione da parte dell'associazione GRIG Presidio Apuano, relativa a presunte difformità effettuate nelle attività di coltivazione.
In data 7 giugno 2021 è pervenuta una segnalazione da parte della Federazione Speleologica Toscana, relativa a difformità e mancato rispetto delle prescrizioni impartite.
In data 7 giugno 2021 il Parco delle Alpi Apuane ha emesso l'Ordinanza n. 3, con cui si applica quanto previsto dall'art. 64 legge regionale 19 marzo 2015 n. 30, per attività difformi dalla pronuncia di compatibilità ambientale n. 17 del 2019.
In data 20 luglio 2021 la Regione Toscana ha trasmesso un rapporto istruttorio in merito alle prescrizioni contenute nell'autorizzazione LR 35/2015, nella PCA 17/2019 e nel relativo Nulla Osta del Parco, in cui si segnala:
1. l'ipotesi di mancato rispetto delle prescrizioni relative alla gestione delle acque e dei fanghi;
2. l'ipotesi di mancato rispetto delle prescrizioni relative alla dispersione dei derivati sui versanti;
3. l'ipotesi di mancato rispetto delle prescrizioni relative al ritrovamento di cavità carsiche;
4. l'ipotesi di possibili incongruenze tra il rilievo al 31/12/2020 ed il progetto approvato.

La soc. Coop. Condomini Lavoratori Beni Sociali di Levigliani a r.l., nel giugno 2021, risponde in merito all'Ordinanza del Parco presentando una perizia tecnica a firma del Dott. Ing. Massimo Gardenato con allegata planimetria dello stato dei luoghi, successivamente integrata nel dicembre 2021.

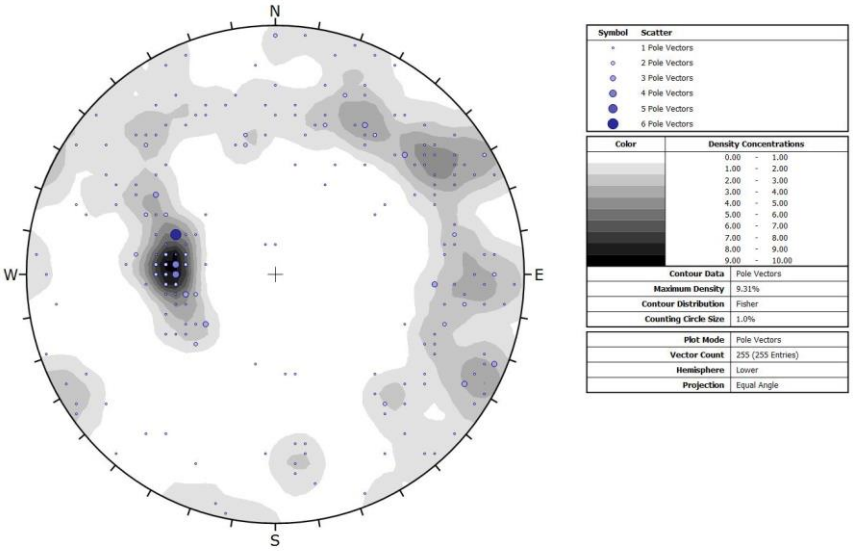
Nella presente relazione si andranno ad ulteriormente integrare le valutazioni già condotte, tenendo conto della notevole complessità dell'assetto idrogeologico in questa tipologia di ammassi rocciosi.

## ANALISI GEOSTRUTTURALE DELLA CAVA

Si riporta l'analisi geostrutturale della cava Piastraio elaborata dal Dott. Ing. Massimo Gardenato nell'ultimo aggiornamento di stabilità effettuato relativo all'anno 2020.

I dati ricavati con il rilevamento sono stati analizzati statisticamente per ricavare i parametri tipici delle caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso relativamente all'area di cava:
- numero di famiglie;
- spaziatura;
- persistenza;
- apertura;
- caratteristiche superficiali.

Nella figure seguenti si riporta, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura cumulativa dei rilievi eseguiti.

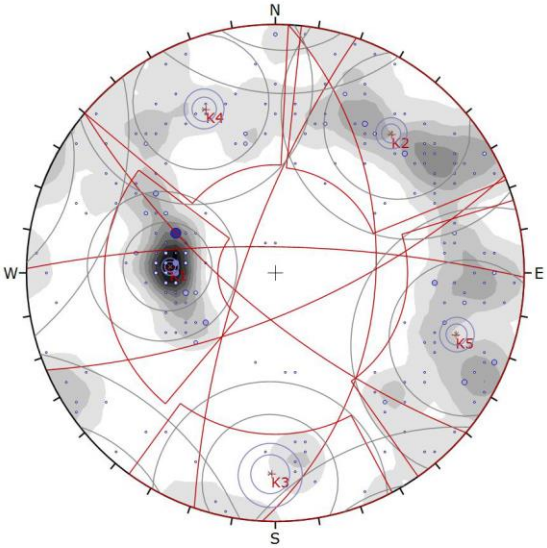



*Stereogramma complessivo dei rilievi effettuati sino ad oggi*

Le caratteristiche giaciturali, nello specifico i valori di inclinazione e immersione medi individuati per ogni raggruppamento, sono riportati nella tabella seguente:

| *Raggruppamento medio* | *Immersione media* | *Inclinazione media* | *Limite variabilità (2σ)* |
|---|---|---|---|
| K1 | 93° | 46° | 28,33 |
| K2 | 220° | 72° | 35,57 |
| K3 | 1° | 78° | 30,52 |
| K4 | 157° | 71° | 33,38 |
| K5 | 289° | 75° | 36,30 |

Nella quarta colonna si riporta il limite di variabilità calcolato per σ=95.44% (si veda il tabulato riportato successivamente alle figure in cui sono riassunte tutte le caratteristiche dei raggruppamenti medi come evidenziati dal "Dips Document Information" del programma DIPS©).
Nelle figure delle pagine seguenti si riportano, mediante rappresentazioni stereografiche, la distribuzione della densità dei poli dei piani di frattura complessivamente rilevati in tutta l'area, nonché le ciclografie ed i poli corrispondenti dei piani medi già utilizzati per l'analisi di stabilità.



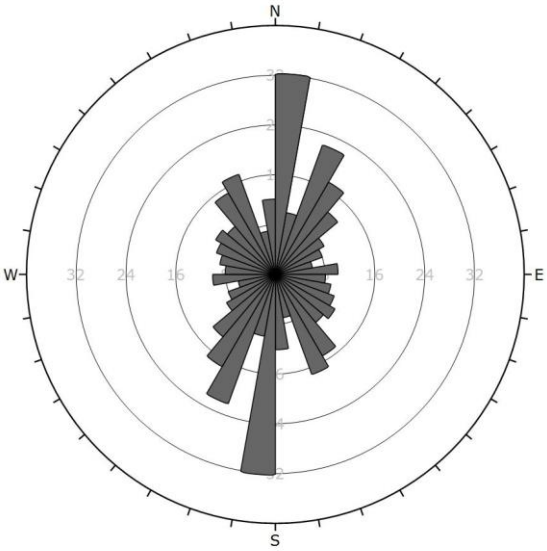

| Symbol | Scatter |
|---|---|
| | 1 Pole Vectors |
| | 2 Pole Vectors |
| | 3 Pole Vectors |
| | 4 Pole Vectors |
| | 5 Pole Vectors |
| | 6 Pole Vectors |

| Color | Density Concentrations |
|---|---|
| | 0.00 - 1.00 |
| | 1.00 - 2.00 |
| | 2.00 - 3.00 |
| | 3.00 - 4.00 |
| | 4.00 - 5.00 |
| | 5.00 - 6.00 |
| | 6.00 - 7.00 |
| | 7.00 - 8.00 |
| | 8.00 - 9.00 |
| | 9.00 - 10.00 |

| | |
|---|---|
| Contour Data | Pole Vectors |
| Maximum Density | 9.31% |
| Contour Distribution | Fisher |
| Counting Circle Size | 1.0% |

| | |
|---|---|
| Plot Mode | Pole Vectors |
| Vector Count | 255 (255 Entries) |
| Hemisphere | Lower |
| Projection | Equal Angle |

*Stereogramma dei poli dei piani di frattura rilevati e delle tracce ciclografiche dei piani medi*




| | |
|---|---|
| Plot Mode | Rosette |
| Plot Data | Apparent Strike |
| Face Normal Trend | 0.0 |
| Face Normal Plunge | 90.0 |
| Bin Size | 10° |
| Outer Circle | 40 planes per arc |
| Planes Plotted | 226 |
| Minimum Angle To Plot | 45.0° |
| Maximum Angle To Plot | 90.0° |

*Diagramma a "rosetta" delle direzioni dei piani di frattura rilevati*

***Dips Analysis Information***
***Cava "Piastraio" - Stazzema***

***General Settings***

- Data Format: Dip / Dip Direction
- Magnetic Declination (E pos): 0°
- Multiple Data Flag (Quantity): OFF
- Distance Column: OFF
- Extra Data Columns: 13
- Units: Metric
- Poles: 255
- Entries: 255

***Global Mean***

| | Dip | Dip Direction |
|---|---|---|
| Unweighted | 21.43 | 183.34 |
| Weighted | 21.43 | 183.34 |

***Global Best Fit***

| Unweighted | | | |
|---|---|---|---|
| | Dip | Dip Direction | Eigenvalue |
| S1 | 73.75 | 97.52 | 0.491687 |
| S2 | 73.78 | 192.38 | 0.336300 |
| S3 | 23.29 | 324.90 | 0.172012 |

Woodcock S1 / S3 = 1.462
Woodcock K = 0.567
Woodcock C = 0.380

| Weighted | | | |
|---|---|---|---|
| | Dip | Dip Direction | Eigenvalue |
| S1 | 73.75 | 97.52 | 0.491687 |
| S2 | 73.78 | 192.38 | 0.336300 |
| S3 | 23.29 | 324.90 | 0.172012 |

Woodcock S1 / S3 = 1.462
Woodcock K = 0.567
Woodcock C = 0.380

***Mean Set Planes***

| ID | Dip | Dip Direction | Label |
|---|---|---|---|
| 1m | 45.88 | 93.35 | K1 |
| 2m | 72.13 | 219.67 | K2 |
| 3m | 77.81 | 1.45 | K3 |
| 4m | 71.24 | 156.53 | K4 |
| 5m | 75.08 | 288.79 | K5 |

***Set Statistics***

**Set: 1m: K1**

- Poles: 74
- Entries: 74
- Fisher's K: 25.7731

| | 68.26% | 95.44% | 99.74% | 50% |
|---|---|---|---|---|
| Variability Limit | 17.1622° | 28.3346° | 39.7311° | 13.3182° |
| Confidence Limit | 2.02689° | 3.32508° | 4.61712° | 1.57521° |

**Set: 2m: K2**

- Poles: 59
- Entries: 59
- Fisher's K: 16.5483

| | 68.26% | 95.44% | 99.74% | 50% |
|---|---|---|---|---|
| Variability Limit | 21.4633° | 35.5702° | 50.185° | 16.6418° |
| Confidence Limit | 2.86466° | 4.69984° | 6.52693° | 2.22625° |

**Set: 3m: K3**

- Poles: 12
- Entries: 12
- Fisher's K: 22.2845

| | 68.26% | 95.44% | 99.74% | 50% |
|---|---|---|---|---|
| Variability Limit | 18.4677° | 30.5219° | 42.8702° | 14.3279° |
| Confidence Limit | 5.42279° | 8.90086° | 12.3695° | 4.21384° |

**Set: 4m: K4**

- Poles: 31
- Entries: 31
- Fisher's K: 18.7177

| | 68.26% | 95.44% | 99.74% | 50% |
|---|---|---|---|---|
| Variability Limit | 20.1674° | 33.381° | 47° | 15.6413° |
| Confidence Limit | 3.70107° | 6.07281° | 8.43512° | 2.87619° |

**Set: 5m: K5**

- Poles: 54
- Entries: 54
- Fisher's K: 15.911

| | 68.26% | 95.44% | 99.74% | 50% |
|---|---|---|---|---|
| Variability Limit | 21.8942° | 36.2998° | 51.2514° | 16.9743° |
| Confidence Limit | 3.05748° | 5.01631° | 6.96668° | 2.37608° |

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle caratteristiche medie delle fratture rilevate.

| *Tabella riassuntiva caratteristiche medie delle fratture rilevate presso la cava "Piastraio"* | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Famiglia*** | ***Imm / incl*** | ***Apertura*** | ***Riempimento*** | ***Persistenza*** | ***Morfologia G.S.*** | ***Morfologia P.S.*** | ***$JRC_0$*** | ***Acqua*** |
| **K1** | 93°/46° | chiuse | Assente | > 20 m | U | r | 7 - 9 | Dy |
| **K2** | 220°/72° | 1 –5 mm | SF –Ass | 3-10 / 10-20 m | U | r | 7 - 9 | Dy/Da |
| **K3** | 1°/78° | >5 mm | HF – SF | > 20 m | U | r | 3 - 5 | Da |
| **K4** | 157°/71° | 1 – 5 mm | Ass – HF | 3 – 10 m | U | r | 4 - 6 | Dy/Da |
| **K5** | 289°/75° | 1 – 5 mm | HF - SF | 3 – 10 m | U | r | 5 - 7 | Dy |

**Legenda:**
Morfologia piccola scala: **r** = rough (ruvido), **sm** = smooth (planare), **sl** = slickensied (liscio).
Morfologia grande scala: **S** = stepped (scalettato), **U** = undulating (ondulato), **P** = planar (planare)
**$JRC_0$**: media dati di rilievo JRC I e JRC II

Riempimento: **ass**
**Hf** < 5 mm (Hard filling)
**Hf** > 5 mm (Hard filling)
**Sf** < 5 mm (Soft filling)
**Sf** > 5 mm (Soft filling)

Circolazione idrica: **Dy** dry (secca)
**Da** damp (umida)
**W** wet (bagnata)
**Dr** dripping (gocciolante)
**Fl** flowing (fluente)

Dai vari rilievi si sono ottenute informazioni relative a 255 poli che, come si evince dalla tabella soprastante, sono stati suddivisi in cinque famiglie di discontinuità statisticamente significative o comunque evidenziabili.

Nell'area in esame si sono rilevati 74 giunti attribuibili alla famiglia media K1 (peso 29% e che rappresenta il cosiddetto verso di macchia) aventi un'apertura media al di sotto di 1 mm e nella maggior parte dei casi si presentano come giunti "chiusi" ed una persistenza media sub-decametrica (>20 m classificazione di Bieniawski, 1989). Quindi, dal rilievo è apparso come la famiglia K1 oltre ad essere la più numerosa, rappresenta il sistema di discontinuità più importante in quanto la maggior parte delle fratture attraversano l'intera cava. Il riempimento è assente in quasi la metà delle fratture rilevate, ma quando presente è di natura soft e hard filling; le superfici si presentavano rugose alla piccola scala e generalmente ondulate alla grande scala. Al momento del rilievo la maggior parte delle discontinuità rilevate si presentavano umide con moderati segni di alterazione.

Relativamente alla famiglia K2 si sono rilevati 59 discontinuità (peso 23%) che presentavano un'apertura media tra 1 - 5 mm ed una persistenza variamente compresa tra i 3 e i 20 m. Anche in questo caso le fratture rilevate si presentavano o prive di riempimento o riempite con materiale di natura soft filling. In linea generale si presentavano rugose alla piccola scala, ondulate alla grande scala e per quanto riguarda le venute d'acqua le fratture si presentavano per lo più umide o secche. Le superfici analizzate si presentavano inalterate o con qualche lieve segno di alterazione.

Della famiglia K3 si sono individuate poche fratture ed in particolare 12 giunti (peso 5%). Dato il ridotto numero degli esemplari rilevati questa famiglia può essere ritenuta poco significativa. Gli esemplari ad essa appartenenti si presentavano di persistenza superiore ai 20 m e con apertura che superava i 5 mm, quindi anche se in risotto numero, si tratta di discontinuità importanti che attraversano i vari fronti di cava. Nelle discontinuità in cui si rinvenivano tracce di riempimento, esso era di natura hard e soft filling ed anche in questo caso si sono potute classificare come rugose ed

ondulate dal punto di vista morfologico. L'alterazione si presentava medio alta e le superfici erano generalmente umide. Si tratta in alcuni di casi di fratture simili a quelle appartenenti alla famiglia K2 ma antipodaliche e quindi ribaltate sulla verticale.
Si sono rilevati poi 31 esemplari attribuibili al raggruppamento medio K4 (peso 12%) di media persistenza (3 – 10 m) ed apertura media compresa tra 1 – 5 mm, con riempimento la maggior parte delle volte assente e solo in alcuni casi di natura hard filling. Delle superfici rilevate, generalmente umide o secche, si è notata una bassa alterazione e una superficie classificabile come rugosa ed ondulata.
Della famiglia K5 si sono rilevati 54 giunti (peso 21%) con apertura compresa tra gli 1 e i 5 mm e di persistenza tra i 3 e i 10 m. Alcune discontinuità erano prive di riempimento mentre altre con tracce di materiale di natura soft e hard filling. La maggioranza delle discontinuità rilevate erano secche con alterazione da bassa a moderata ed anche in questo caso le superfici erano rugose ed ondulate.

Durante le varie campagne di rilievo compiute, eseguite nelle varie stagioni, non sono mai state rilevate fratture caratterizzate da afflussi di acqua importanti, inquadrabili, con riferimento alla classificazione prima rappresentata, come gocciolanti (Dr) o fluenti (Fl).
Ovviamente durante i periodi a più alta piovosità, il locale stillicidio delle acque di percolazione dai soffitti dei sotterranei può aumentare, soprattutto nelle gallerie in cui lo spessore del tetto si riduce avvicinandosi al versante esterno del monte.

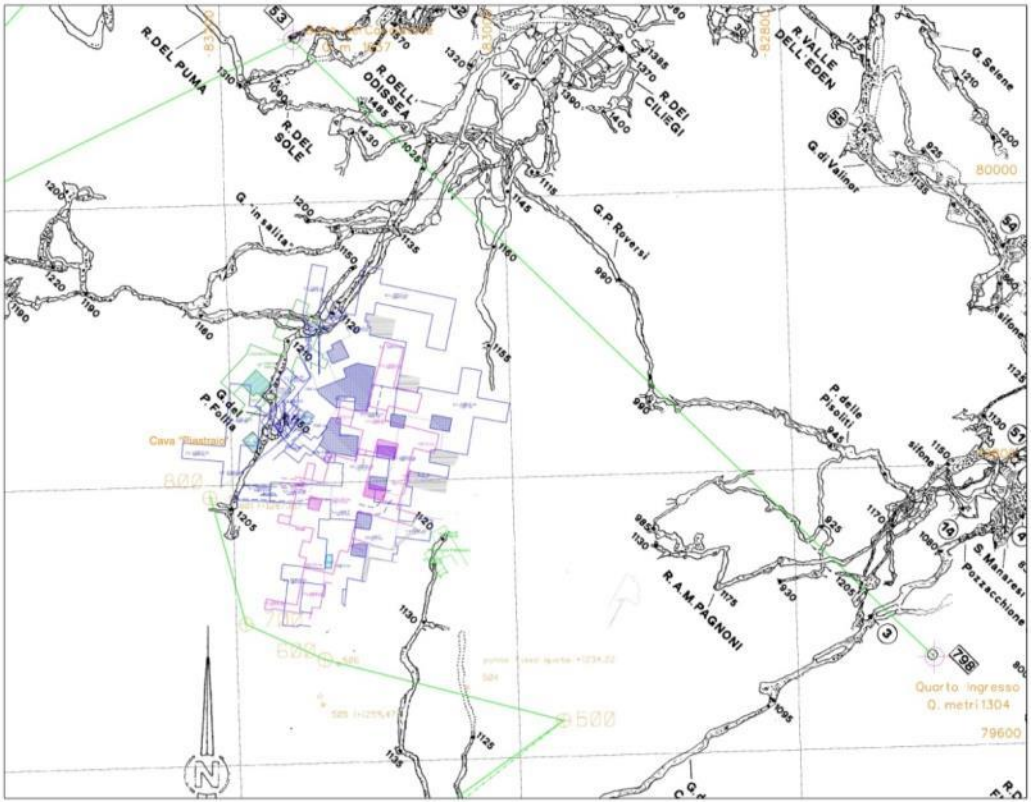
Quindi, una corretta gestione delle acque di stillicidio (garantendo, per quanto possibile, che le stesse non vadano a mescolarsi con le acque di lavorazione e contaminarsi con i residui fini generati dalle lavorazioni o da altri eventuali agenti inquinanti, o comunque assicirando un loro opportuno trattamento se contaminate) e una corretta gestione delle acque di lavorazione, comportano la completa sicurezza dal punto di vista idrogeologico delle attività estrattive in corso e di progetto.

Le caratteristiche medie dei sistemi di fratturazione con peso maggiore (K1 e K2) sono rappresentate da persistenza medio-elevata, aperture non superiori a 5 mm (anzi nel caso del K1 risultano in media serrate) e presenza di riempimenti di varia granulometria.
La presenza di riempimenti all'interno delle fratture beanti determina un netto decremento della possibilità di circolazione di acqua.

In ogni sistema di fratture analizzato e descritto in precedenza, ovviamente, sono stati individuati alcuni esemplari caratterizzati da aperture superiori alla media.
Le porzioni beanti di queste fratture non sono continue ma spesso saltano vistosamente creando veri e propri sbarramenti ad un eventuale circolazione idrica.
Dall'osservazione delle esposizioni delle fratture lungo le superfici interne delle gallerie è possibile riscontrare questa estrema variabilità dello sviluppo nelle tre dimensioni anche nel raggio di poche decine di centimetri.

## ANALISI DELL'AMBIENTE CARSICO – CAVITA' IPOGEE E CAVITA' CARSICHE

Il sistema carsico del Monte Corchia è ben conosciuto e documentato.
Nel corso dei molteplici progetti di coltivazione presentati negli anni per quanto riguarda le attività estrattive presenti sul Monte Corchia è stato sempre analizzata l'interferenza tra queste e la complessa rete che costituisce uno dei più importanti sistemi carsici d'Italia.




*Estratto cartografico non in scala della planimetria di sovrapposto tra il complesso carsico e l'inviluppo di variante del novembre 2021.*

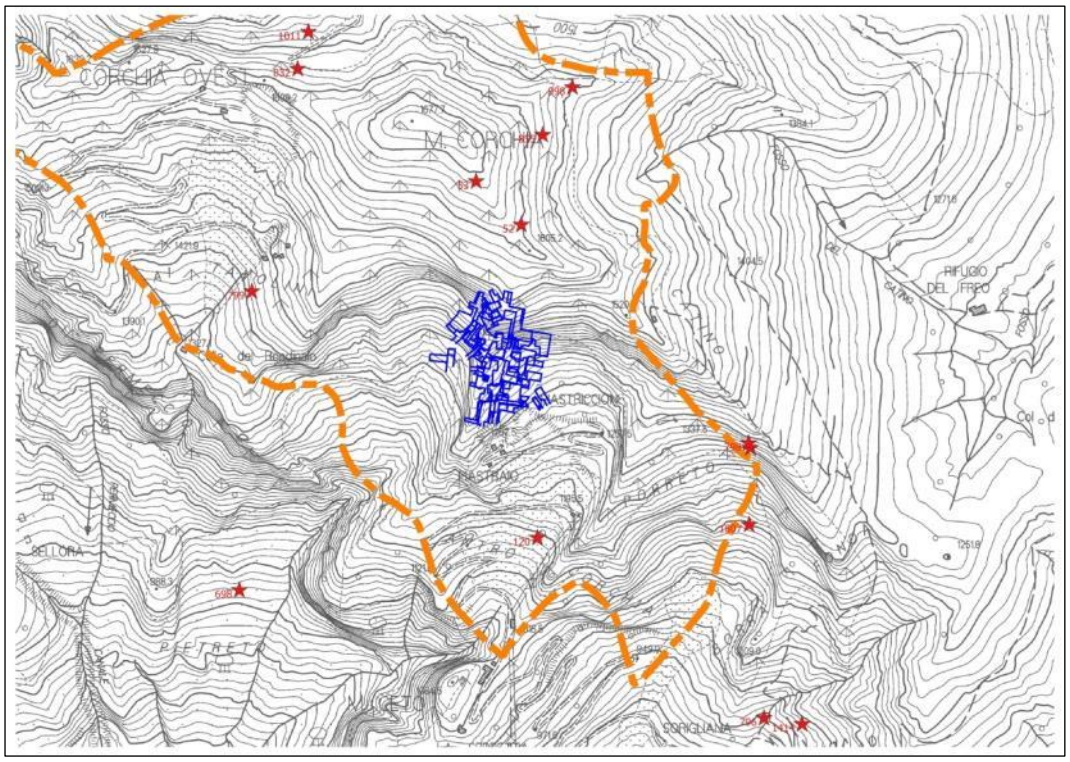
Come ben visibile dalla sovrapposizione effettuata i sotterranei del complesso estrattivo Piastraio Piastriccioni si sovrappongono solo lungo il lato occidentale ad alcuni rami censiti del complesso carsico, ubicati comunque a quote più basse di oltre 100 metri.

Nell'area prossima alla cava risultano censiti i seguenti ingressi di cavità carsiche.

- n°52 T/LU Buca dei gracchi;
- n°53 T/LU Buca del cacciatore (geosito);
- n°120 T/LU Antro del Corchia;
- n°698 T/LU Buco in parete;
- n°797 T/LU Ingresso terzo del Corchia;
- n°798 T/LU Ingresso quarto del Corchia;
- n°799 T/LU Abisso Black and White;
- n°855 T/LU Buca Retrocorchia;

- n°998 T/LU Dolina di Retrocorchia;
- n°1807 T/LU Buco che Pardessearmolonovo;
- n°2300 T/LU Buca dei Ferruzzini.

Come evidente dalla sovrapposizione effettuata non risultano ingressi di cavità carsiche censite all'interno dell'area di cava.




*Ubicazione cavità carsiche censite nel Catasto Regionale Grotte nell'intorno della cava Piastraio.*

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 52 T/LU - BUCA DEI GRACCHI

Complesso Carsico del M. Corchia

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603835 NORD 4876462 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1598 m Reale: 1594 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Teodolite
Dislivello positivo: 43 m Dislivello negativo: 1144 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: pozzo Idrologia: cavita' assorbente Meteo:
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1930
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 53 T/LU - BUCA DEL CACCIATORE

Complesso Carsico del M. Corchia, Abisso Claude Fighiera

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603759 NORD 4876535 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1642 m Reale: 1637 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Teodolite
Dislivello positivo: 0 m Dislivello negativo: 1187 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: pozzo Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CE +++
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1930
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 120 T/LU - ANTRO DEL CORCHIA

Complesso carsico del M. Corchia, B. del Simi, B. Eolo, B. del Vento

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603862 NORD 4875936 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1145 m Reale: 1125 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Teodolite
Dislivello positivo: 512 m Dislivello negativo: 675 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: galleria orizzontale Idrologia: cavita' neutra Meteo: CU +++
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1931
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati. Posizione su ingresso naturale.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 698 T/LU - BUCO IN PARETE

Comune: STAZZEMA Località: M. Ceto Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603860 NORD 4875860 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1120 m
Attendibilità posizione: 30-50 metri Fonte posizionamento: IGM Tavolette scala 1:25000
Dislivello positivo: 22 m Dislivello negativo: 0 m Dislivello totale: 22 m
Sviluppo spaziale: 40 m Sviluppo planimetrico: 10 m Estensione: 10 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: cavita' orizzontale Idrologia: cavita' neutra Meteo:
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Bolognese - Unione Speleologica Bolognese Anno: 1980
Ultimo aggiornamento scheda: 03-09-2021

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 797 T/LU - INGRESSO TERZO DEL CORCHIA

Complesso Carsico del M. Corchia, Ingressi Alti

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 604220 NORD 4876087 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1310 m Reale: 1269 m
Attendibilità posizione: 10-20 metri Fonte posizionamento: Carta Tecnica Regionale 1:5000
Dislivello positivo: 368 m Dislivello negativo: 819 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: pozzo Idrologia: cavita' assorbente Meteo:
Gruppo Catastatore: Federazione Speleologica Toscana - Commissione Catasto Anno: 1987
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 798 T/LU - INGRESSO QUARTO DEL CORCHIA

Complesso Carsico del M. Corchia, Ingressi Alti

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 604217 NORD 4876095 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1320 m Reale: 1304 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Teodolite
Dislivello positivo: 333 m Dislivello negativo: 854 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: pozzo Idrologia: cavita' assorbente Meteo:
Gruppo Catastatore: Federazione Speleologica Toscana - Commissione Catasto Anno: 1987
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 799 T/LU - ABISSO BLACK AND WHITE

Complesso Carsico del M. Corchia

Comune: STAZZEMA Località: Tavolini Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603382 NORD 4876350 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1412 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Teodolite
Dislivello positivo: 225 m Dislivello negativo: 962 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: fessura verticale Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CE ++
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1987
Ultimo aggiornamento scheda: 02-06-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati. Ingresso ostruito.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

## 855 T/LU - BUCA RETROCORCHIA

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603873 NORD 4876619 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1580 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Ortofoto AGEA risoluzione 20cm - 2016
Dislivello positivo: 0 m Dislivello negativo: 50 m Dislivello totale: 50 m
Sviluppo spaziale: 60 m Sviluppo planimetrico: m Estensione: m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: pozzo Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CE ++
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1988
Gruppo Revisore: Federazione Speleologica Toscana - Commissione Catasto
Ultimo aggiornamento scheda: 05-07-2020

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

**998 T/LU - DOLINA DI RETROCORCHIA**

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 603924 NORD 4876700 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1550 m
Attendibilità posizione: 1-3 metri Fonte posizionamento: Carta Tecnica Regionale 1:5000
Dislivello positivo: 0 m Dislivello negativo: 7 m Dislivello totale: 7 m
Sviluppo spaziale: 10 m Sviluppo planimetrico: 7 m Estensione: 6 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Morfologia: dolina Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CE +
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Fiorentino Anno: 1990
Gruppo Revisore: Federazione Speleologica Toscana - Commissione Catasto
Ultimo aggiornamento scheda: 05-07-2020

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

**1807 T/LU - BUCO CHE PARDESSEARMOLONOVO**

Complesso Carsico del M. Corchia

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 604218 NORD 4875958 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1150 m
Attendibilità posizione: 10-20 metri Fonte posizionamento: Carta Tecnica Regionale 1:5000
Dislivello positivo: 487 m Dislivello negativo: 700 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Marmi Morfologia: cunicolo discendente Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CU +
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Archeologico Livornese Anno: 2007
Ultimo aggiornamento scheda: 18-05-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

FEDERAZIONE SPELEOLOGICA TOSCANA - CATASTO GROTTE

**2300 T/LU - BUCA DEI FERRUZZINI**

Complesso Carsico del Monte Corchia, 21° ingresso

Comune: STAZZEMA Località: M. Corchia Area carsica: ALPI APUANE
Coordinate ingresso UTM WGS84 Fuso 32 (EPSG:32632): EST 604037 NORD 4876052 CTR: 249160
Quota Cartografica: 1300 m
Attendibilità posizione: 3-10 metri Fonte posizionamento: GPS non Differenziale
Dislivello positivo: 337 m Dislivello negativo: 850 m Dislivello totale: 1187 m
Sviluppo spaziale: 65000 m Sviluppo planimetrico: 48000 m Estensione: 2380 m
Caratteristiche ingresso: Geologia: Calcare Selcifero Morfologia: cavita' discendente Idrologia: cavita' assorbente Meteo: CU ++
Gruppo Catastatore: Gruppo Speleologico Lunense - La Spezia Anno: 2021
Ultimo aggiornamento scheda: 02-06-2021
Note: I dislivelli sono riferiti alle quote reali degli ingressi. I dati di sviluppo ed estensione non sono aggiornati.

Le cavità n°52, 53, 120, 797, 798, 799, 1807 e 2300 fanno parte del Complesso carsico del Monte Corchia.

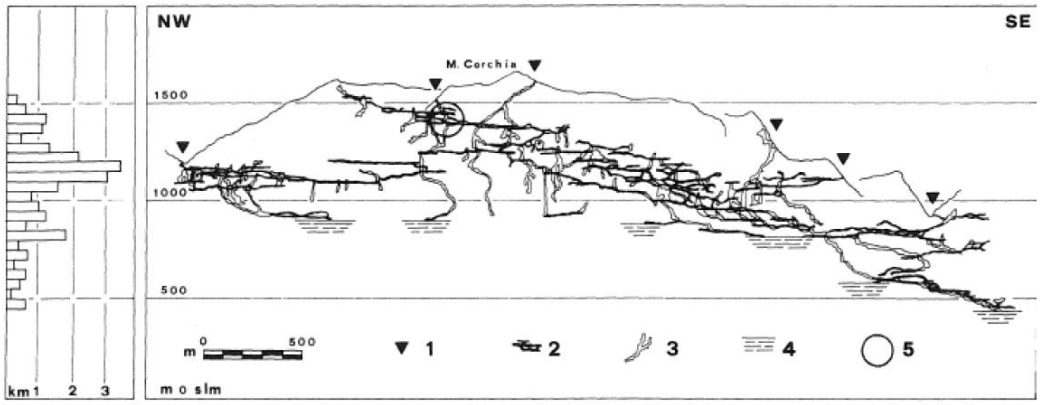
Si riporta in seguito la descrizione del complesso carsico del Monte Corchia ripresa dal relativo PABE.

*Il Complesso Carsico del Monte Corchia (CCMC) è uno dei più vasti sistemi sotterranei italiani, con uno sviluppo stimato di almeno 65 km e una profondità di 1187 m (Fallani e Piccini, 1990). L'elevata conoscenza, ottenuta in oltre 160 anni di esplorazioni portate avanti con una sistematicità che hanno*

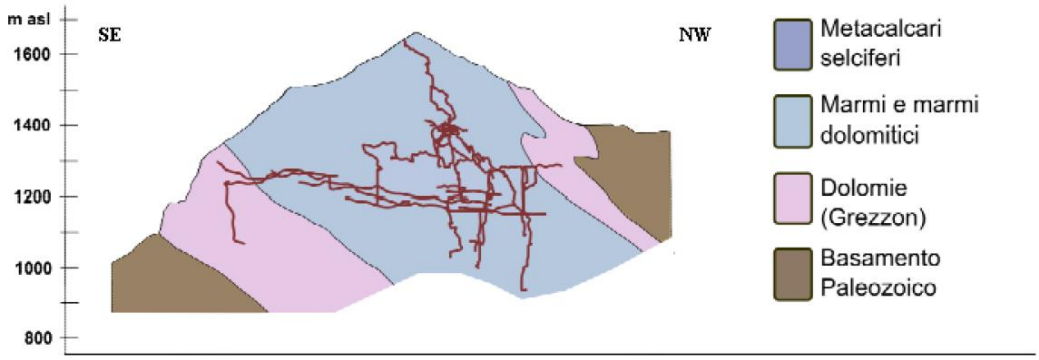
*pochi uguali al mondo in una grotta tecnicamente impegnativa, consente di indagare il diverso peso che i fattori geostrutturali e quelli idrogeologici hanno avuto nel tempo sulla speleogenesi.*
*Si ricorda, per inciso che la cronologia delle esplorazioni e delle attività estrattive in prossimità inizia con:*
*- 1840 - Simi E. - Messa in luce dell'ingresso della grotta e 1'11-10-1840 (da graffito). Prima esplorazione della Buca Ventajola.*
*- 1841 - Inizio della escavazione del marmo bianco statuario nella Cava dell'Acereto. Visitano la grotta Angelo Simi, Emilio Simi e altri cavatori di Levigliani.*
*- 1847 - Simi E. - Descrive la grotta nella Relazione del monte Corchia.*
*- 1847 - Savi P. - Visita la grotta, che denomina Grotta del Simi.*
*Si ricorda ulteriormente che negli anni trenta del secolo scorso gli speleologi fiorentini esplorano le prime grandi grotte delle Apuane, tra cui l'Antro del Corchia, sino alla profondità di 540 m, allora record del mondo (Marchetti, 1930 e 1931).*

*Il Complesso Carsico del Monte Corchia si sviluppa all'interno di una successione di rocce carbonatiche poste al di sopra di un basamento paleozoico scistoso-filladico e di livelli di meta-areniti e meta-conglomerati del Verrucano intensamente deformati.*
*Tra Grezzoni e marmi s.l. si trova un orizzonte di brecce (Brecce di Seravezza) e lenti di scisti a cloritoide, che rappresentano un livello di netta discontinuità litologica, rispetto a una sequenza carbonatica sostanzialmente omogenea, almeno per quanto riguarda lo sviluppo dei fenomeni carsici (Piccini, 1991). L'altro orizzonte che si differenzia notevolmente è quello dei meta-calcari selciferi, che rappresenta un livello pressoché continuo al tetto dei marmi, per la presenza dei letti di selce.*
*Per il Corchia, gli effetti della struttura sull'andamento del sistema nel suo insieme, non sono però di facile determinazione a causa della complessa geometria della struttura ospite.*
*Inoltre, si tratta di un sistema molto complesso dal punto di vista morfologico, caratterizzato da una lunga storia evolutiva; va sottolineato che nella distribuzione dei fenomeni carsici profondi delle Apuane calcolata da Piccini (1994), quasi il 40% dello sviluppo totale degli ambienti sotterranei conosciuti è concentrato nell'area del Corchia che costituisce poco più dell'1% di tutta l'area carsica apuana.*
*Inoltre solo un'altra grotta delle apuane supera i Km 10 di sviluppo (Abisso Milazzo).*
*Le gallerie ad andamento orizzontale si sviluppano prevalentemente nella zona epifreatica o poco al di sotto di questa (Palmer, 1984, 1987). Il loro sviluppo può essere condizionato, anche fortemente, da fattori litostrutturali; in generale nelle Apuane, la giacitura quasi sempre molto inclinata delle superfici di strato e dei contatti litologici fa sì che ciò non avvenga praticamente mai. In questo caso il movimento di acque lungo direttrici a componente prevalentemente orizzontale può avvenire, salvo casi estremamente localizzati, solo a livello della zona satura o poco al di sopra di essa.*
*Analogamente a quanto avviene per la morfologia di superficie anche i sistemi carsici sotterranei si evolvono, nei periodi di stasi tettonica, verso una configurazione matura caratterizzata da una rete di drenaggio maggiormente gerarchizzata. A questa si associa quasi sempre la formazione di grossi condotti sotterranei e un generale maggior sviluppo nella zona epifreatica che è quella geneticamente più attiva.*
*Piccini (1994) correla I grandi cambiamenti a cui è stato soggetto il clima con un maggiore o minore sviluppo dei fenomeni carsici, originando fasce di quota in cui si concentrano le cavità carsiche, anche in presenza di un tasso di sollevamento costante, pur con influenza del clima particolarmente spinta*

*sul carsismo di superficie e non altrettanto su quello profondo, poiché la semplice azione di corrosione delle acque meteoriche di infiltrazione si attenua abbastanza rapidamente nelle prime decine di metri di roccia.*
*Nell'area del Corchia i maggiori addensamenti di gallerie si hanno intorno ai 1400 m di quota e soprattutto tra 1100 e 1250 m.*
*Al di sotto del livello principale si trovano condotte freatiche abbastanza sviluppate tra i 900 e i 1000 m di quota e un nuovo picco abbastanza marcato tra 800 e 850 m di quota. Anche nel Corchia si trovano livelli di condotte situati intorno ai 650 m di quota e probabilmente correlabili con lo stesso livello di base generalizzato che si riscontra in tutte le apuane.*
*La distribuzione altimetrica dei condotti freatici conosciuti sembra indicare più momenti di sviluppo preferenziale di livelli carsici. I livelli più alti del Corchia sono riferibili alle prime fasi di sviluppo dei fenomeni carsici in una situazione morfologica ben diversa dall'attuale.*
*I livelli intorno ai 1200 m di quota sono quelli quantitativamente più sviluppati ma si trovano praticamente nel solo Corchia. Scendendo di quota l'altro livello ben sviluppato è quello intorno a 900 m che potrebbe ancora corrispondere ad una fase di relativa stasi tettonica.*
*La quasi totale mancanza di condotte freatiche al di fuori del Corchia intorno alle quote in cui qui si trovano i piani di gallerie maggiormente sviluppati (anche se tale assenza può essere dovuta al fatto che queste gallerie non siano ancora state scoperte), può far supporre che durante le fasi di sviluppo dei grossi sistemi di condotte del Corchia, la cui formazione ha sicuramente richiesto grosse quantità d'acqua, su buona parte delle Apuane le formazioni carbonatiche non fossero ancora sufficientemente esposte o comunque non ancora interessate da un carsismo profondo sufficientemente sviluppato.*
*Nel caso del Corchia si è anche ipotizzata l'esistenza di un bacino superficiale di alimentazione, ora completamente smantellato, che potrebbe aver lasciato qualche traccia di sé nell'attuale assetto morfologico delle Apuane.*
*Piccini osserva che i reticoli idrografici nel loro insieme mostrano una certa tendenza di quelli rivolti verso il mare ad aprirsi lungo una fascia centrale allineata lungo la direttrice NW-SE e compresa tra l'allineamento delle vette principali e la linea che unisce le cime del M. Sagro e del M. Altissimo. Lungo questa congiungente si nota anche una certa tendenza del bacino del Frigido a chiudersi in corrispondenza delle dorsali che fanno capo alla vetta di Cima Pianello, dal M. Sagro, e del M. Antona, dal M. Altissimo ed analogo comportamento lo si osserva a riguardo della parte superiore del bacino della Turrite Secca lungo la congiungente tra M. Sumbra e M. Freddone.*
*Da questo trae la sensazione condivisibile di trovarsi di fronte ai resti di un bacino orientato NW-SE catturata dalla testata del Frigido e da quella della Turrite Secca.*
*Ne consegue che il fondovalle doveva trovarsi ad una quota superiore ai m. 1200 s.l.m., attuale quota del Passo del Vestito, che collega la parte alta del bacino della Turrite Secca con quella del bacino del Frigido. Tenendo conto di quella che doveva essere la quota di questo bacino, della sua estensione (circa 30 kmq) e della sua posizione, in asse con il M. Corchia, si può suppone che si tratti del bacino superficiale che raccoglieva le acque che alimentavano il sistema sotterraneo del Corchia.*




*Sezione schematica del complesso del Monte Corchia da Piccini e Alii 1994 modificato: 1) posizione dei principali ingressi del sistema, 2) condotti di natura prevalentemente freatica, 3) condotti di natura prevalentemente vadosa, 4) livello attuale della zona satura, 5) Zona di ritrovamento dei ciottoli arenacei. A sinistra: grafico dello sviluppo planimetrico per fasce di quota dei condotti freatici del Corchia.*




*Sezione geologica schematica del complesso del Monte Corchia da Piccini e Alii 2011 modificato*

*Considerate le maggiori frequenze nelle quote di sviluppo del complesso, Piccini lo suddivide schematicamente in quattro intervalli altimetrici di 300 m di dislivello ciascuno corrispondenti a: 1600-1300, 1300-1000, 1000-700, 700-400m s.l.m. Queste fasce di quota comprendono i quattro "piani" principali di sviluppo del Corchia.*

*In particolare, il livello più alto (1600-1300) mostra due direttrici preferenziali: una NE-SW, corrispondente a una grossa frattura particolarmente evidente anche in superficie, e una WNW-ESE che corrisponde alla direzione delle superfici litologiche e di quelle di clivaggio. Questo piano comprende le più antiche gallerie del Corchia, la cui formazione va fatta risalire ad almeno 1,5-2 milioni di anni fa (Piccini, 2011) e che contengono i segni di una discreta rielaborazione a pelo libero e depositi alluvionali di chiara provenienza esterna.*

*Il secondo livello è quello più sviluppato e ad andamento più labirintico, secondo almeno tre direttrici di sviluppo principali orientate circa N-S, NE-SW e WNW-ESE.*

*Il terzo livello mostra un maggiore controllo da parte di fratture orientate con preferenza circa N-S ed E-W.*

*La prima direzione è da mettere in relazione sia con fratture sia con superfici litologiche, marcate dalla presenza di livelli pelitico-scistosi al passaggio tra Grezzoni e Marmi e da livelli discontinui di*

*brecce poligeniche a matrice filladica (Brecce di Seravezza auct.), la seconda è invece legata unicamente a fratture.*
*La sezione verticale sul piano NW-SE mostra un andamento discendente da NW a SE secondo più livelli inclinati di circa 20. Tale inclinazione, diversamente da quanto avviene in altri sistemi carsici sviluppati in strutture monoclinali, non è dovuta a un controllo strutturale, essendo le giaciture delle superfici litologiche mediamente immergenti verso NE (cioè perpendicolarmente alla precedente) con pendenze solitamente di 40-50°. Si tratta quindi probabilmente di una inclinazione che dipende da fattori idrogeologici e che si spiega ammettendo una o più fasi con importante flusso a pelo libero in condizioni di gradiente idraulico abbastanza elevato.*
*Da questo andamento generale si stacca nettamente il piano orizzontale di gallerie che si sviluppa intorno ai 1200 m di quota nel settore NW del sistema e che si collega ad analoghi piani sviluppati a quote simili in tutto il complesso. Il piano probabilmente segna una fase di prolungato stazionamento del livello di base e di "maturazione" del sistema con sviluppo di condotti in prossimità di una superficie piezometrica a basso gradiente e che vede il passaggio da condizioni di alimentazione prevalentemente allogeniche a un'alimentazione da acque di prevalente infiltrazione locale.*
*L'analisi mostra l'effettiva presenza di superfici lito-strutturali lungo le quali si ha uno sviluppo preferenziale dei condotti, corrispondenti circa al passaggio tra Grezzoni e Marmi e alla superficie assiale della piega.*
*Piccini osserva che l'analisi statistica delle direzioni di sviluppo preferenziale di tutto il sistema non mostra orientamenti nettamente favoriti, benché il sistema sia allungato lungo la struttura del Corchia, cioè circa NW-SE e che le direzioni di sviluppo di quelle che erano le antiche reti di drenaggio del Corchia, non sembrano influenzate particolarmente da quella che doveva essere la posizione delle aree d'emergenza che, per la geometria della struttura geologica, è lecito ritenere, fosse sempre stata a S o SE del massiccio carsico.*

*Nel caso del Complesso del Monte Corchia, agli studi sul comportamento specifico dell'area carsica, in termini di geometrie e genesi, si aggiungono studi fondamentali di monitoraggio e di verifica dei circuiti idraulici sotterranei.*
*Dato che Marmi e Grezzoni sono delimitati lateralmente da rocce impermeabili che vincolano le acque d'infiltrazione a seguire la struttura, convogliando le acque verso le sorgenti del sistema, cioè le Fontanacce a Pontestazzemese, mentre non esiste invece un limite di permeabilità inferiore, cioè un letto su cui le acque siano vincolate a scorrere, se non in porzioni limitate del sistema carsico.*
*L'interpretazione di Piccini et Alii (2010) definisce, almeno a livello della parte superiore della idrostruttura, un collettore principale che ha origine nella zona di Puntato (settore NW), raccoglie le acque del settore Farolfi e si dirige verso SE.*
*L'Antro del Corchia è stata una delle prime grotte apuane ad essere stata oggetto di una colorazione. Lo scopo era di verificare il collegamento tra il Fiume Vianello, che s'incontra a 900 m di quota, ed il Fiume Vidal, che scorre nelle parti basse del sistema.*
*La colorazione effettuata durante un campo interno organizzato dal Gruppo Speleologico Fiorentino (1972), diede esito positivo. Non furono invece monitorate le sorgenti, dando per scontato, già allora, che si trattasse di quelle situate sul Torrente Vezza, poco a monte dell'abitato di Pontestazzemese.*
*La seconda colorazione documentata è quella organizzata da più gruppi e gestita dal Gruppo Speleologico Bolognese (1979), che aveva come scopo la verifica del collegamento tra il vasto sistema di gallerie, alle quali si accede dalla Buca del Cacciatore (Fighiera), ed il sottostante Antro del Corchia.*

*Questa volta furono monitorate anche le sorgenti situate nell'alta valle del Vezza. Forti (1981) riporta un esito positivo per quasi tutte le sorgenti monitorate, tra cui alcune minori situate su affluenti destri del torrente Vezza e sui versanti del M. Alto, seppur con maggiore concentrazione a Pontestazzemese. Tra le sorgenti risultate positive alcune, come quelle presso la Risvolta e Cardoso, sono situate a quote di oltre 400 m, cioè vicine a quella del fondo del Corchia.*
*Questo risultato faceva pensare all'esistenza di un'unica falda sospesa, con varie perdite minori. Alla luce dei più recenti risultati, questa colorazione appare come non attendibile (Piccini Et Alii 2010). Una colorazione successiva, eseguita dalla Commissione Scientifica della Federazione Speleologica Toscana nel 2004 nell'Abisso R. Farolfi, confermò l'esistenza di un unico collettore che drena l'intero sistema del Corchia convogliando le acque a Pontestazzemese. A seguito dei risultati della colorazione precedente, anche questa volta vennero monitorate sorgenti a quote superiori di quella del fondovalle, tra cui: Risvolta, Canale Mezzomare, Muglione, Pollaccia Incontra, che però diedero tutte esito negativo.*
*Nel marzo 2010 la Federazione Speleologica Toscana ha condotto una nuova colorazione, questa volta con il preciso intento di avere informazioni sulla dinamica del flusso tra il vecchio fondo dell'Antro del Corchia e le sorgenti. A tale scopo, oltre a due fluocaptori tradizionali, è stato piazzato un fluorimetro automatico alle sorgenti di Pontestazzemese.*
*Il giorno 14 marzo 2010 alle 14:30 sono stati immessi 2 kg di Tinopal nel Fiume Vidal, subito a valle del Lago Sifone; quattro ore dopo, alle 18:30 è stato immesso 1 kg di fluoresceina nel Fiume Vianello, poco a valle del Lago Nero.*
*La grotta si trovava in condizioni di magra ed è rimasta in quelle condizioni per altri sei giorni, sino alle prima piogge cadute il 20 marzo 2010. Le curve di restituzione dei coloranti mostrano picchi molto marcati, che indicano una scarsa diluizione, cioè lo scorrimento in condotti con flusso a pelo libero ben incanalato per almeno buona parte del percorso.*
*Le curve di restituzione dei due coloranti appaiono quasi sincrone: il colorante immesso a monte ha raggiunto quello immesso più a valle prima di fuoriuscire alle sorgenti.*
*La fluoresceina è stata immessa ad una distanza di circa 1100 m e circa 250 m più in alto, nonché quattro ore dopo il tinopal. Questo implica che la fluoresceina immessa a monte dovrebbe essere transitata nel punto di immissione del tinopal, più a valle, con un ritardo di 4 ore, più il tempo necessario a percorrere il tratto di grotta compreso tra i due punti di immissione. Questo tempo di percorrenza "interno" viene stimato (Piccini 2010) in almeno 4-6 ore e ciò significa che il ritardo tra i due coloranti era, in partenza, non meno di 8-10 ore.*
*Il ritardo risulta praticamente annullato durante i 7 giorni trascorsi tra l'immissione e l'arrivo dei coloranti in sorgente.*
*Questo quadro conoscitivo permette quindi di rivalutare anche gli studi precedenti ed in particolare i monitoraggi eseguiti tra il Complesso del Corchia e le sorgenti di Pontestazzemese, fondamentali nell'ottica della verifica delle condizioni di vulnerabilità degli acquiferi.*
*Un punto di riferimento sullo stato delle conoscenze all'inizio degli anni 2000 è presentato negli Atti del Convegno "Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo". Filanda di Forno, Massa, 22 giugno 2002 in particolare nell'articolo di Mantelli et Alii.*
*Partendo dagli eventi del 1994, dove, fra le varie cause che avevano portato alla chiusura di 7 cave nel Comune di Stazzema (LU) su ordine della magistratura, venivano riportate:*
*- la possibile interferenza fra attività estrattiva e il complesso carsico del M. Corchia*

*- l'inquinamento della grotta dovuto allo scarico di marmettola, anche contenente idrocarburi gli autori presentano i risultati di campionamenti e analizzano le possibili cause di inquinamento chimico delle acque individuando tra le possibili cause che possono determinare contaminazione delle acque ipogee del sistema carsico Antro del Corchia quelle di seguito riportate.*
*Ognuna di queste determina rischi molto diversi.*

*A. Attività estrattiva del marmo in zone anche molto elevate del M. Corchia;*
*B. Ingresso in grotta di acque cariche di sedimenti in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi;*
*C. Rifiuti connessi all'esplorazione speleologica;*
*D. Possibili impatti sulle acque avvenuti durante le operazioni di allestimento turistico*
*E. Rifiuti abbandonati in alcune aree della montagna e contaminazioni indotte a quote più basse del sistema carsico in conseguenza dell'attività umana.*

*Nel dettaglio si riportano, dall'articolo, integralmente le valutazioni, riferite ai primi anni 2000, relative alle prime due cause, più strettamente connesse a questo lavoro, rimandando per i dettagli allo studio citato.*

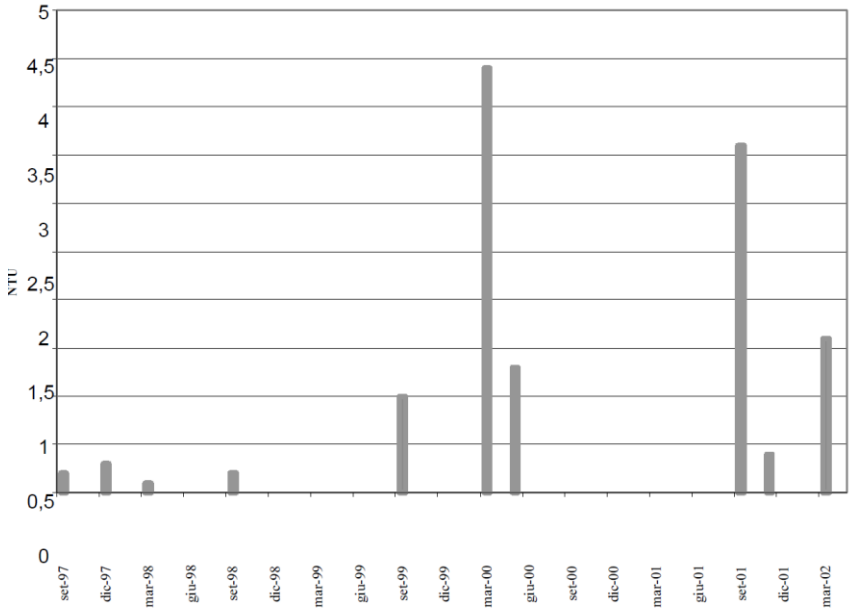
*A) Attività estrattiva del marmo in zone anche molto elevate del M. Corchia.*
*Sul versante nord-occidentale del M. Corchia, l'area di maggior assorbimento idrico delle acque piovane, sono presenti rifiuti metallici e di altra natura. Sono questi i resti di strutture edificate nel corso dell'apertura della strada di arroccamento verso le cave del Retrocorchia, oggi abbandonata. Generalmente i metalli ferrosi non hanno molta rilevanza ai fini dell'inquinamento delle acque dati i lunghi tempi di ossidazione e dispersione degli ossidi: il ferro è un elemento dotato di bassa mobilità geochimica. Maggiore attenzione deve essere posta, invece, su rifiuti costituiti da vecchi accumulatori al piombo che si trovano in alcune aree di quella zona. Liquidi acidi ad altro tenore di piombo, probabilmente con impurezze di altri metalli pesanti, possono venire rilasciati dagli accumulatori e penetrare facilmente nel sistema carsico. Le soluzioni acide contenenti piombo vengono comunque "tamponate" in breve tempo dalla roccia calcarea e probabilmente i grandi flussi idrici che percorrono la montagna non dovrebbero venire significativamente contaminati. Tuttavia si ricorda che sono sufficienti 10 microgrammi di piombo per litro per determinare l'inquinamento di un'acqua, inoltre, già 2 – 3 microgrammi costituiscono uno stato di modifica del sistema acqua del M. Corchia, in quanto i livelli naturali di questo metallo in quelle acque sono molto più bassi.*
*Assieme al piombo altri metalli tossici possono essere presenti come impurezze negli accumulatori, fra questi nichel, cadmio, arsenico.*
*Nella tabella 2 si osserva come nei principali torrenti dell'Antro del Corchia alcuni metalli ed altri elementi in traccia siano presenti in concentrazioni così basse da rappresentare quelli che sono i valori di fondo di un'area a basso impatto antropico e che, quindi, è molto facile evidenziare contaminazioni che alterano quei livelli di concentrazione.*
*Altra fonte di contaminazione delle acque può essere il materiale in sospensione prodotto dalle attività di escavazione e di taglio del marmo: è molto probabile che una grande cava localizzata nella parte alta del M. Corchia possa intercettare piccole fessure che possono divenire vie preferenziali di acque superficiali contenenti materiale in sospensione. Comunque, al momento non è possibile imputare a queste attività gli episodi di intorbidamento di alcune acque dell'Antro del Corchia o i*

*depositi di sedimenti che si riscontrano in diversi settori del sistema (pozze con depositi limo-argillosi e sabbia in alcune zone dell'abisso Farolfi).*
*Gli idrocarburi costituiscono una serie di inquinanti delle acque molto pericolosi, sia per la proprietà di essere molto mobili all'interno degli acquiferi, sia per la capacità di alterarne i requisiti di qualità anche con quantitativi molto bassi. Il DPR 236/88 relativo alle acque potabili, decreto i cui valori limite sono frequentemente impiegati per definire lo stato di qualità delle acque anche non di uso potabile, indica un valore di 10 µg/L: sono cioè sufficienti 10 microgrammi per litro di idrocarburi per rendere un'acqua non potabile. Quando è presente un'attività di cava, gli idrocarburi possono provenire da perdite di depositi di combustibile, dai trasformatori elettrici, dalle macchine in movimento e altro. Eventuali sversamenti da trasformatori elettrici, specialmente se costituiti da vecchie apparecchiature, possono introdurre nelle acque contaminazioni molto pericolose per presenza di oli dielettrici contenenti policlorobifenili (PCB).*
*Queste sostanze sono altamente tossiche e presentano limiti di legge molto restrittivi per le acque destinate al consumo umano (inferiori a 0,1 microgrammi per litro). Nel caso dell'Antro del Corchia, durante il monitoraggio, sono state condotte alcune analisi su varie acque ipogee ai fini della ricerca degli idrocarburi: le analisi non hanno mai evidenziato presenza di tali sostanze. Nessuna analisi è stata fino ad ora condotta per la ricerca dei microinquinanti come i PCB. Per quanto riguarda gli idrocarburi, sostanze di impiego più comune rispetto agli oli dielettrici contenenti PCB, non si può comunque escludere una contaminazione saltuaria o accidentale, dato che i campionamenti effettuati a tale scopo sono stati sporadici e non raramente vari speleologi, nel corso degli anni, hanno segnalato il rilevamento di odori imputabili a queste sostanze. Dal 1997, dall'inizio cioè di una frequentazione sistematica della grotta nel corso del monitoraggio, fino a tempi recenti non si erano mai osservati i tipici film sulle acque riconducibili a idrocarburi, né avvertiti odori di queste sostanze. Per la prima volta (il giorno 20 aprile 2002), nei pressi del fiume Vidal, nella solita postazione, facilmente raggiungibile dalle gallerie del Venerdì, dove vengono prelevati i campioni di acqua, si è rilevato un forte odore di gasolio. Sono stati prelevati 3 campioni in tempi diversi ma, come prevedibile, non si è ottenuto alcun riscontro analitico: l'odore era probabilmente dovuto ad un episodio trascorso con possibile trasferimento in aria (strippaggio) della totalità degli idrocarburi e probabile rapido trasporto e rimozione dell'inquinante.*

*B) Ingresso in grotta di acque cariche di sedimenti in seguito ad eventi meteorologici particolarmente intensi.*
*Elevate portate di acqua, conseguenti a piogge intense o ad eventi temporaleschi, possono rimuovere il materiale naturalmente depositato nei condotti sotterranei (limo, argille) o introdurne di nuovo dalle zone esterne della montagna. Il parametro che si impiega per misurare la presenza di materiale fine sospeso nelle acque è la torbidità, misurata con uno strumento chiamato nefelometro. La torbidità, comunemente definita come la riduzione della trasparenza di un liquido a causa della presenza di sostanze in sospensione, è prodotta dall'interazione della luce con particelle di diametro generalmente compreso fra 10 nm e 1 mm. Non esiste una precisa correlazione fra torbidità e quantità di solidi sospesi, poiché le proprietà ottiche della sospensione sono influenzate dalla dimensione e dalla forma delle particelle, oltre che dalla lunghezza d'onda della luce incidente e dall'indice di rifrazione della fase liquida. Le sostanze che principalmente provocano la torbidità sono spesso costituite da argille. I valori che comunemente si riscontrano in acque definite limpide sono intorno a 0,2 NTU (unità di misura della torbidità: nephelometric turbidity unit). Già un'acqua con*

*torbidità di 1 NTU appare torbida all'osservatore. Di fronte a quantitativi elevati di materiale sospeso si può procedere anche alla raccolta su filtro di tale materiale e al dosaggio per pesata per ricavare il quantitativo, ma la torbidità misurata per via nefelometrica è spesso più utile perché permette di raggiungere livelli elevati di sensibilità della misura e quindi evidenziare situazioni che a prima vista non sembrano critiche.*

*L'istogramma di figura 3 riporta alcuni episodi di torbidità nel fiume Vidal. Elevati valori di torbidità non sempre erano correlati a portate elevate; ad esempio, il campione del 13 marzo 2002 presenta torbidità di 1,6 NTU, valore riscontrato con il fiume con portata ai minimi e in assenza di precipitazioni esterne da molto tempo.*




*Episodi di torbidità nel fiume Vidal (Antro del Corchia) nel corso degli anni 1997-2002*

*Per quanto riguarda gli aspetti microbiologici l'articolo riporta:*

*"Le ricerche di tipo microbiologico effettuate sui campioni prelevati nei corpi idrici che direttamente o indirettamente gravitano sul sistema ipogeo dell'Antro del Corchia sono state finalizzate alla ricerca dei comuni indicatori di inquinamento fecale, prendendo come riferimento quanto indicato nelle normative applicabili alla specifica situazione.*

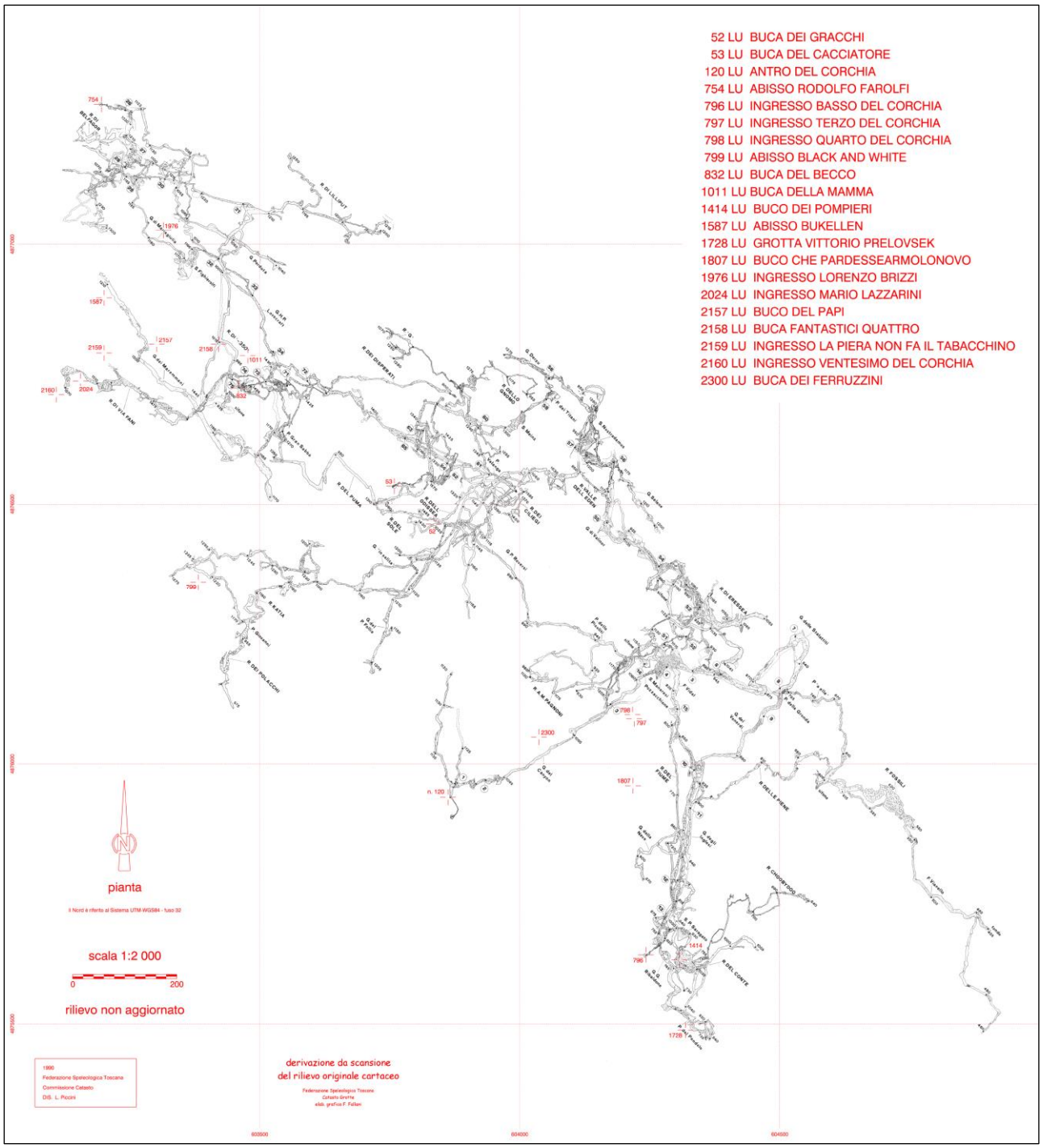
*I controlli sono stati indirizzati alla ricerca dei coliformi totali e fecali e degli streptococchi fecali nonché, al fine di acquisire informazioni più generali a completamento del quadro delineato con i parametri primari, della flora batterica totale a 36 °C e 22 °C.*

*Dai controlli effettuati a partire dall'anno 1997, il quadro emerso relativamente alle acque correnti ipogee era quello corrispondente ad una situazione microbiologica generalmente buona, almeno fino all'anno 2000. Successivamente si sono riscontrati episodi di degrado delle acque a più lento ricambio imputabili alla presenza di rifiuti abbandonati nel corso delle attività di allestimento turistico.*

*Per quanto riguarda le Fontanacce di Cardoso, considerate le sorgenti del Corchia, da quando si dispone di serie sistematiche dei controlli (anno 1997) si è costantemente rilevata la presenza di indicatori di inquinamento fecale in quantità abbastanza elevata; questi valori si mantengono tuttora alterati probabilmente a causa di infiltrazioni persistenti correlate a scarichi civili e, più in generale a*

*flussi idrici interessati da attività umane o animali. Nessun miglioramento della situazione delle acque si è osservato dalle prime indagini analitiche iniziate nel 1997.*
*E' ancora da approfondire la vulnerabilità del sistema acquifero del Corchia in occasione di piogge abbastanza rilevanti. In particolare, negli esami eseguiti sui campioni prelevati il 5/9/2001, in seguito all'aumento delle portate conseguente a piogge abbondanti, si è osservata una notevole alterazione dei valori dei parametri microbiologici nelle acque localizzate nella parte del sistema più direttamente influenzabile dagli eventi esterni: Fiume Vidal, Cascata Romani e. In quella data si può inoltre osservare che la contaminazione dell'acqua delle Fontanacce di Cardoso è più evidente che in altre circostanze. E' in corso di studio l'influenza delle portate sulla microbiologia di queste acque.*
*In sintesi si propone il seguente quadro:*
*- per lo stato di qualità delle acque ipogee del sistema carsico Antro del Corchia manca ancora una conoscenza di insieme, anche se sono sufficientemente studiate quelle interessate dal percorso turistico;*
*- le acque di questa zona sono caratterizzate da una buona qualità di tipo chimico e microbiologico, recentemente interessate da saltuaria comparsa di indici di contaminazione microbiologica e talvolta di torbidità; cause e tipologie di tali variazioni sono oggetto di indagini. Al momento, in via prudenziale, queste acque non devono essere considerate potabili.*
*- odori di idrocarburi sono stati talvolta rilevati dagli speleologi e raramente durante le operazioni di controllo; nei campioni prelevati non sono state riscontrate concentrazioni misurabili di queste sostanze;*
*- la principale sorgente connessa al sistema del Corchia (Fontanacce di Cardoso) risulta costantemente contaminata sotto l'aspetto microbiologico.*
*- la presenza di cave attive in un'area vasta e a quote elevate delle montagna, costituisce una perenne fonte di rischio di contaminazione delle acque.*

*Nonostante una situazione in cui sono ben evidenti i rischi di contaminazione per le cause sopra indicate, non è raro incontrare all'interno del Corchia acque che soddisfano i requisiti chimici e microbiologici per un uso potabile."*
*(Mantelli et Alii in Atti del Convegno "Le risorse idriche sotterranee delle Alpi Apuane: conoscenze attuali e prospettive di utilizzo" Filanda di Forno, Massa, 22 giugno 2002).*
Per quanto riguarda l'analisi dell'ambiente carsico specifico, in relazione alle attività di coltivazione condotte negli anni all'interno delle cave Piastraio e Piastriccioni, si fa riferimento a quanto rilevato e valutato a seguito della presentazione dei successivi progetti di coltivazione.
In base poi alle nuove osservazioni avanzate dal rapporto della Federazione Speleologica Toscana sono state verificate nuovamente tutte le evidenze carsiche rinvenibili all'interno delle gallerie di coltivazione accessibili.




*Planimetria del complesso carsico del Monte Corchia*

All'interno della Perizia Tecnica asseverata in risposta all'Ordinanza n°3 del 07/06/2021 del Parco delle Alpi Apuane, a firma del Dott. Ing. Massimo Gardenato, vengono riportate le controdeduzioni a quanto segnalato nella relazione della Federazione Speleologica Toscana.
In particolare:

*1) la cavità segnalata in foto 10 e 13 è la medesima da due diverse prospettive (Posizione B Livello 1 nel rilievo allegato). Il muro in c.a. non impedisce l'accesso e fu realizzato per evitare contaminazioni con acque ancora verso metà degli anni 90. Al momento non è stato possibile risalire a data certa, ma le lavorazioni che hanno intercettato la cavità risalgono ai primi anni '90. Dall'esame della cavità da parte di tecnico rocciatore si è verificato che chiude ca. 3-4 metri verso cielo mentre scende in profondità per alcuni metri, ma con dimensioni che ne rendono praticamente impossibile l'accesso. Ne a pavimento visibile al di sotto della stessa, ne nelle pareti circostanti si evidenziano altre fessure e pertanto si può sostenere come non vi sia nessun altra intersezione con i cantieri attivi autorizzati.*

*Foto 10 e 13 della relazione della Federazione Speleologica Toscana*

*2) la presunta cavità di foto 11 (Posizione C Livello 1 nel rilievo allegato) è in realtà un semplice allargamento di minime della ampia frattura che fa da tetto a tutta la camera principale della cava. Esaminata da tecnico rocciatore, appare completamente chiusa da materiale detritico immediatamente dietro al contatto con la frattura. Non vi sono altri elementi collegabili in nessuna faccia o pavimento del pilastro posto tra le due vicine gallerie. Pertanto a parere di chi scrive trattasi solo di fenomeno associato alla frattura senza alcuna caratteristica riferibile a fenomeni carsici. L'epoca di realizzazione della chiusura precauzionale con piccoli sassi cementati risale al periodo di inizio anni '90 o forse anche prima.*

*Foto 11 della relazione della Federazione Speleologica Toscana*

*3) La cavità dietro i blocchi di foto 12 (posizione A Livello 3 disegno allegato) non è al momento accessibile con mezzi atti a rimuovere i blocchi. Le lavorazioni risalgono sempre ad inizio-metà anni '90.*

*Foto 12 della relazione della Federazione Speleologica Toscana*

*4) La cavità di foto 7 e 8 (posizione D Livello 2 disegno allegato), sempre dopo esame di tecnico rocciatore, evidenzia come il foro dietro i blocchi sale per alcuni metri e appare chiudersi così come il foro più piccolo a sinistra dello stesso.*

*Foto 7 e 8 della relazione della Federazione Speleologica Toscana*

*5) La cavità di foto 9 a pavimento (posizione E Livello 2 disegno allegato) presenta dimensioni ridotte che ne impediscono l'accesso. Non si evidenziano ampliamenti visibili.*

*Foto 9 della relazione della Federazione Speleologica Toscana*

La posizione delle cavità segnalate è riportata in allegato all'interno della planimetria di rilievo dello stato dei luoghi del giugno 2021 a firma del Dott. Ing. Massimo Gardenato.

Oltre alle fratture beanti, lungo i fronti della cava Piastraio, come in tutte le cave di marmo delle Alpi Apuane, sono individuabili alcuni casi singolari di sistemi di fratturazione: fasce a intensa fratturazione (in gergo "finimenti"), faglie, "macchie lente" (superfici di scistosità che staccano i due lembi rocciosi che attraversano).
Queste discontinuità dell'ammasso roccioso possono formare in alcuni casi dei vuoti, definibili come cavità ipogee.
Per cavità ipogee s'intende qualsiasi spazio presente nel sottosuolo, sia esso frutto di processi naturali o di attività antropiche.
Quindi, considerando l'ambiente di cava e tralasciando le forme generate dalle attività antropiche, in questo termine rientrano tutti gli spazi vuoti che possono essere generati: dalla natura stessa del materiale, dai processi sedimentari e tettonici succeduti nel tempo e dai processi fisico chimici che la caratterizzano. In esso rientrano quindi le fratture beanti, i vuoti che si formano all'interno di faglie e fasce a intensa fratturazione (in gergo "finimenti"), le cavità carsiche nel suo termine più generico, ecc.
Spesso tali vuoti si formano in corrispondenza dell'esecuzione di tagli in quanto, la nuova superfice libera generata, unitamente alle pressioni prodotte dall'uso dei mezzi meccanici nelle lavorazioni, determina lo sgretolamento del materiale roccioso presente.

Per cavità carsica si intende una cavità ipogea naturale formatasi attraverso il carsismo, ossia il complesso dei fenomeni erosivi prodotti dall'azione dissolvente esercitata dalle acque acide (contenenti anidride carbonica) sulle rocce solubili ricche di fratture, principalmente le rocce carbonatiche.
Quindi, non rientrano in esse le cavità ipogee generate da fratture beanti, faglie, fasce a intensa fratturazione, ecc.
Appare ovvio che, in presenza di acque circolanti, relitte o attuali, queste tipologie di cavità ipogee possano aver avuto un certo grado di evoluzione carsica nel tempo. Questa evoluzione comporta tempi non confrontabili con la durata delle attività antropiche in questione. Comunque è plausibile considerare che, fino a che i tratti morfologici legati al carsismo non diventino prevalenti, si debbano sempre escludere una loro classificazione come cavità carsiche. Quindi, una frattura beante lungo le cui superfici può essere individuato un certo grado di dissoluzione carsica associata ad acque di infiltrazione o forme concrezionali di modesta significatività, non può essere classificata come cavità carsica in senso stretto.

Le prescrizioni contenute negli atti autorizzativi, generalmente prevedono particolari forme di salvaguardia e l'applicazione di determinate procedure di segnalazione e messa in sicurezza solo per cavità di una certa rilevanza.

Il concetto di rilevanza di una cavità ipogea, e quindi anche di una cavità carsica, è sicuramente molto complesso e non risulta facile tradurlo in norme semplici e univocamente interpretabili.
Innanzitutto deve essere stabilito sotto quali aspetti si debba valutare la rilevanza e come assegnarne il relativo grado.

La tipologia di rilevanza è sicuramente da attribuire sia ad aspetti ambientali, vedi la naturalità e l'importanza idrogeologica, sia ad aspetti "paesaggistici".

Il grado di naturalità di una cavità ipogea si lega a molti aspetti tra cui lo stato della cavità, il grado di conservazione, le eventuali trasformazioni indotte da interventi antropici, la presenza di eventuali e particolari forme carsiche, la consistenza di eventuali forme biotiche.

L'importanza idrogeologica di una cavità ipogea rimane uno degli aspetti più complessi da valutare.
Non essendo possibile stabilire in modo univoco il contributo apportato al regime idrogeologico dell'ammasso roccioso di tutte le cavità ipogee presenti all'interno dello stesso, si deve applicare inevitabilmente il principio di precauzione, ossia considerare che potenzialmente ognuna di esse possa essere collegata con l'acquifero profondo.
**Per questo motivo si prevedono specifiche procedure nella gestione delle acque meteoriche e di processo, nella gestione dei rifiuti e delle aree e dei mezzi in cui si utilizzano idrocarburi e nella modalità di lavorazione.**
In aggiunta, per situazioni particolari, sono adottate ulteriori misure di prevenzione, quali, per esempio, l'obbligo del taglio senza l'utilizzo di acqua.

Per quanto riguarda la valutazione della rilevanza "paesaggistica" di una cavità ipogea, essa si lega in modo stretto con la naturalità della stessa ma è sicuramente legata all'aspetto, al grado di percezione e alla possibilità di fruizione della stessa.
Oltre alla definizione del valore paesaggistico dell'ambiente ipogeo in senso stretto (sicuramente ben definibile per le cavità di dimensioni esplorabili e caratterizzate da uno sviluppo significativo e/o dalla presenza di particolari forme geomorfologiche) la valutazione deve essere estesa anche agli effetti potenzialmente pregiudizievoli per il bene paesaggisticamente protetto legati all'esecuzione delle opere, i quali possono essere suddivisi a seconda che siano a carico direttamente dell'ambiente ipogeo o direttamente e indirettamente dell'ambiente epigeo:

Ambiente ipogeo
- interferenza con sistemi carsici con alterazione o distruzione degli stessi;
- interferenza con sistemi carsici con immissione al loro interno di acque contaminate dalle lavorazioni;
- interferenza con sistemi carsici con alterazione delle linee di deflusso delle acque d'infiltrazione;
- effetti di disturbo sulla stabilità dei sotterranei con potenziali crolli di pareti e/o volte.

Ambiente epigeo
- propagazione alla superficie d'instabilità delle pareti e delle volte con potenziali crolli e collassi dei versanti;
- alterazioni delle specie vegetali dell'area causate dalla modifica della circolazione delle acque sotterranee;
- alterazioni di linee d'acqua superficiali a seguito della modifica della circolazione delle acque sotterranee.

Mantenendo sempre efficace il principio di precauzione idrogeologica prima descritto, e avendo la necessità di adottare un metodo per la gestione di questa problematica, per le cavità ipogee l'assegnazione di un grado di rilevanza è da attribuire, in una prima fase di verifica, sicuramente ad aspetti facilmente intuitivi, per esempio la dimensione dell'apertura e l'estensione esplorabile; successivamente, per quelle cavità oggetto di ulteriore attenzione, dovranno essere valutati aspetti più scientifici, per esempio la presenza di concrezioni fossili o attive, forme attive di dissoluzione della roccia, morfologie carsiche particolari e presenza di forme biologiche.
Quindi, conseguentemente all'esito dell'inquadramento iniziale speditivo, dovrà essere fatta o no una successiva valutazione dettagliata in termini più completi.
Per effettuare una prima scrematura delle cavità ipogee degne di una particolare attenzione, la stessa Società Speleologica Italiana, attraverso prescrizioni tecniche, manuali e indicazioni (Norme generali per l'inserimento nel catasto delle cavità e protocollo di informatizzazione delle grotte PIGRO), valide ai fini di un eventuale accatastamento e basandosi anche su una rilevante mole di dati presenti nella bibliografia specifica, indica le caratteristiche geometriche minime da attribuire ad una cavità sotterranea.
Gli elenchi catastali delle grotte italiane pongono un limite inferiore pari a 5 metri (circa 3 volte la dimensione media di un essere umano) per l'estensione minima che deve caratterizzare una cavità allo scopo dell'inserimento nei cataloghi regionali.
Seguendo lo stesso ragionamento, tenendo ferma la proporzione di tre volte le dimensioni medie di un essere umano, si può ritenere che l'apertura minima che deve caratterizzare una cavità al fine di segnalazione non debba essere inferiore ai 60 cm (circa 3 volte la profondità media della testa di un essere umano.
Inoltre, sia le disposizioni tecniche degli stessi speleologi, sia tutte le fonti bibliografiche rinvenute, fissano sempre il concetto di esplorabilità della cavità da parte di un essere umano per determinarne la sua significatività. Quindi se la cavità non risulta esplorabile perde di significato la relativa segnalazione.
Solo dopo tale classificazione può essere attuata la fase di valutazione scientifica più dettagliata.

Si rimarca che, tale metodo di classificazione, è stato definito e utilizzato per decidere l'eventuale inserimento all'interno del catasto delle grotte. Mancando però altri criteri di valutazione, si è decisa una sua applicazione per definire una prima scrematura delle cavità ipogee rilevabili lungo i fronti rocciosi.

L'altro aspetto problematico, ma fino ad un certo punto, è rappresentato dalla temporalità del rinvenimento e intercettazione di una cavità.
La prescrizione contenuta nelle pronunce di compatibilità ambientale n. 17 del 14.08.2015 e n. 17 del 06.08.2019, comprensive di pronuncia di valutazione di incidenza, di nulla osta e di autorizzazione idrogeologica, prevede:

• *qualora l'attività di coltivazione intercetti ulteriori cavità carsiche, non visibili allo stato attuale, dovrà essere data tempestiva comunicazione al Parco e alle Amministrazioni interessate e dovranno essere adottate tutte le misure necessarie alla salvaguardia dell'ambiente ipogeo.*

Tutte le cavità ipogee presenti lungo i fronti di scavo già prima del rilascio delle PCA prima indicate non sono soggette quindi a questa prescrizione.
Queste sono sempre esistite e documentate negli anni dai vari elaborati tecnici e progettuali e soprattutto sempre visibili durante i molteplici sopralluoghi effettuati da tutti gli enti coinvolti nei vari procedimenti, non ultimo quello relativo al rilascio della PCA vigente.
Inoltre la relativa localizzazione era già presente anche nelle carte delle fratture presentate a corredo dei vari progettio di coltivazione presentati.

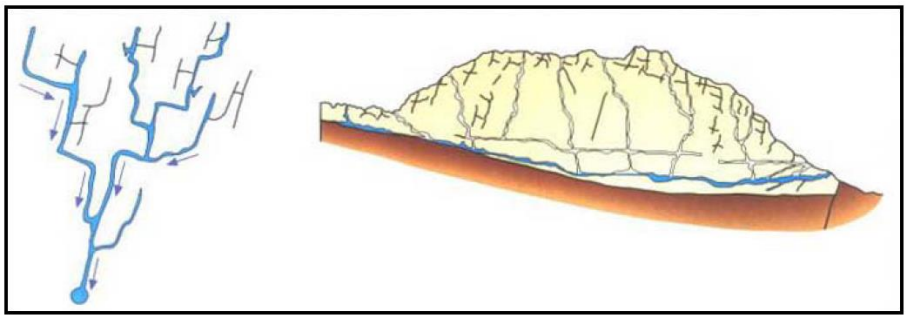
La maggior parte delle problematiche legate alla questione, emerse negli ultimi tempi a seguito delle segnalazioni di alcune associazioni ambientaliste, sono dovute al fatto che tutte quelle cavità ipogee che fino ad oggi erano considerate da tutti semplici fratture beanti, che "normalmente" caratterizzano tutti gli affioramenti di marmo delle Alpi Apuane (ma anche in ogni parte del mondo), alla luce degli ultimi eventi, vengono valutate come cavità ipogee o cavità carsiche che devono essere oggetto di un ulteriore tutela.
Ovviamente tale condizione rende impossibile proseguire in una coltivazione razionale e organica delle cave di marmo.

In particolare per la cava Piastraio le cavità segnalate risultano già presenti da molto tempo lungo i fronti di coltivazione, essendo state intercettate in anni precedenti. La maggior parte di queste, poi, sono oramai isolate rispetto all'attività di coltivazione in atto o prevista, in quanto poste a quote superiori o in rami di galleria non più coltivati, e quindi non è possibile che possano costituire un potenziale collegamento con l'acquifero profondo.

Tutte le cavità ipogee presenti nell'area di cava fanno parte di un sistema molto complesso e variabile nel tempo e nello spazio di cui è impossibile dimostrare le eventuali modalità di collegamento con l'acquifero che alimenta le sorgenti poste a valle della cava.

Nella corposa bibliografia esistente i sistemi idrogeologici presenti negli ammassi rocciosi calcarei sono suddivisi in tre tipologie principali:

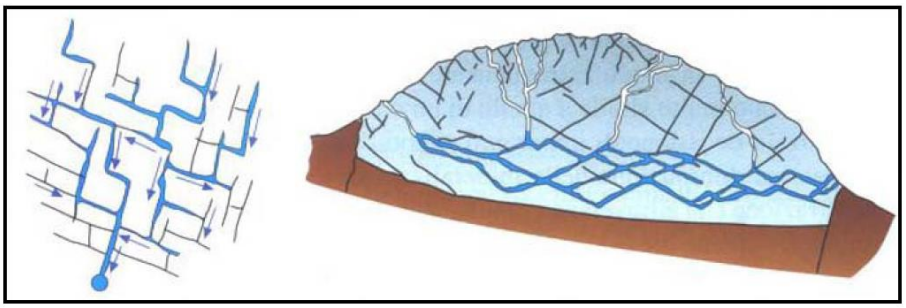
Sistemi a dreno dominante.
In questi sistemi la rete di drenaggio è impostata prevalentemente in grossi collettori ubicati in prossimità del substrato impermeabile, mentre secondario è l'apporto delle discontinuità. Manca una zona satura vera e propria mentre sono presenti, nella parte più bassa dell'acquifero, tratti completamente allagati (sifoni), più o meno lunghi, che costituiscono unicamente una via di transito delle acque sotterranee).
La rete di flusso risulta ben organizzata , con una serie di collettori principali e secondari in grado di smaltire rapidamente gli apporti infiltrativi. Le variazioni di portata di questi fiumi sotterranei sono estremamente marcate e le sorgenti sono quindi caratterizzate da un indice di variabilità molto elevato con magre pronunciate e piene improvvise e violente. Il picco di piena viene smaltito in tempi rapidi.



*Schema di sistema carsico a dreno dominante*

Sistemi a dreno indipendente.

La zona non satura è caratterizzata in genere dall'assenza d'importanti corsi d'acqua mentre possono essere particolarmente numerose le cavità ad andamento prevalentemente verticale. Queste grotte sono semi attive, in cui l'acqua circola solo in occasione di importanti precipitazioni, e costituiscono delle vie previlegiate del deflusso sotterraneo, tra loro indipendenti verso le zone più profonde dell'acquifero. La carsificazione della zona non satura può essere anche piuttosto ridotta, con assenza di grotte verticali percorribili e una circolazione idrica impostata prevalentemente su reticoli di fratture poco allargate. Possono essere presenti anche sistemi di condotti asciutti (gallerie fossili) ad andamento prevalentemente orizzontale, testimonianza delle diverse condizioni morfologiche e idrogeologiche che si sono succedute nel tempo. In profondità è invece presente una zona allagata molto estesa e caratterizzata da una serie di condotti e fratture collegate fra loro.



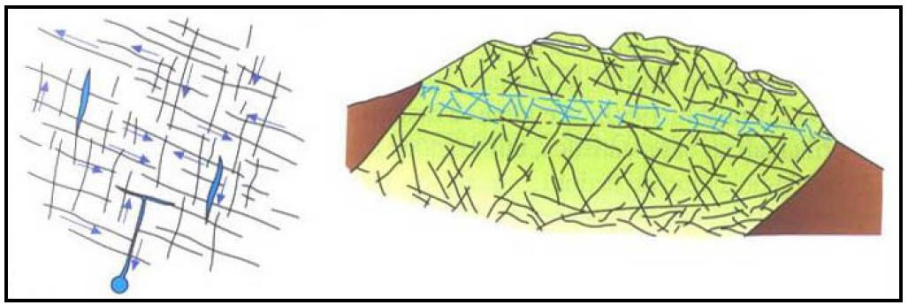
*Schema di sistema carsico a dreni indipendenti*

In tale zona la superficie piezometrica può essere piuttosto diversa da settore a settore e il relativo livello può essere soggetto a notevoli variazioni nel tempo legate all'arrivo di acque provenienti dalla superficie durante gli eventi meteorici e all'impossibilità della rete carsica di smaltire rapidamente l'ingente volume idrico. Alle sorgenti, il picco di piena a seguito degli eventi meteorici, viene smaltito in modo più lento.

Sistemi a circolazione dispersiva.

Sono caratteristici degli ammassi rocciosi carbonatici caratterizzati da un'intensa fratturazione, anche a piccola scala, con numerose famiglie di discontinuità tra loro collegate, tanto da rendere la circolazione profonda simile a quella di un acquifero poroso in ghiaie e sabbie. In questi sistemi non esistono collettori, ma solo una complessa rete di flusso, diffusa e omogenea e caratterizzata da una superficie piezometrica abbastanza regolare. Le eventuali cavità di un certo sviluppo presenti non

condizionano le modalità del flusso idrico. Le acque si spostano molto lentamente nell'ammasso roccioso a seguito della permeabilità ridotta della rete di drenaggio. Le portate delle emergenze mostrano variazioni molto contenute nel tempo con importanti sfasature delle piene rispetto agli eventi precipitativi.



*Schema di sistema a circolazione dispersiva*

L'assetto strutturale del Monte Corchia comporta la classificazione del relativo sistema idrogeologico e quindi dell'intera idrostruttura, come sistema a dreno indipendente.
Tale sistema idrogeologico risulta caratterizzato da un alimentazione primaria prevalente (contraddistinti da un'infiltrazione diffusa e distribuita in modo piuttosto omogeneo sull'intera idrostruttura costituita prevalentemente da rocce carbonatiche).

In complessi idrogeologici come quello in esame, in cui l'anisotropia risulta molto marcata, il fattore di scala può determinare, a livello di porzione di ammasso roccioso inglobante la singola cava, un comportamento caratteristico di diverse tipologie dei sistemi idrogeologici prima descritte.
In particolare può risultare frequente ritrovarsi in condizioni tali da rientrare nei parametri descrittivi di sistemi idrogeologici a circolazione dispersiva, o mista.
Quindi la distinzione tra permeabilità legata esclusivamente a fratturazione o a fratturazione e carsismo risulta molto influenzata dal fattore di scala.

*Schema di sistema a circolazione dispersiva con locali fenomeni carsici e influenza del fattore di scala*

Se nel complesso le formazioni dei marmi possono essere considerate permeabili per fratturazione e locale carsismo, alla scala della porzione di ammasso roccioso interessato dalla presenza del sito estrattivo, possiamo ritrovarci sia in questa tipologia, nel caso in cui sia rilevata la presenza di cavità carsiche ben sviluppate all'interno o nelle immediate vicinanze del sito estrattivo, sia in situazioni in cui è esclusivamente la rete di fratture, se in collegamento tra loro, a governare la permeabilità secondaria, ma anche nelle molteplici situazioni intermedie che si possono palesare.
Ma anzi, locali affioramenti marmorei caratterizzati da una rete di fratture poco sviluppata e con la maggior parte degli esemplari serrati, possono determinare situazioni in cui la permeabilità si abbassa molto e il ruscellamento superficiale diventa predominante (si pensi agli affioramenti dei marmi cipollini apuani, caratterizzati da estrema saldezza).
Oltre ciò, la presenza di riempimenti fini all'interno dei vuoti generati dalle fratture, siano essi naturali, le cosiddette argille residuali, siano essi di origine antropica, possono determinare locali importanti variazioni del grado di permeabilità.
La definizione quindi del grado di permeabilità di una porzione di ammasso roccioso interessato nelle operazioni di coltivazione di una cava di marmo può quindi risultare molto complessa se non impossibile e non obbligatoriamente deve corrispondere a quella dell'intero complesso idrogeologico in cui esso risulta inglobato.
Quindi si torna a rimarcare che deve applicarsi inevitabilmente il principio di precauzione, come si è sempre fatto d'altronde, ossia considerare che potenzialmente ognuna di esse possa essere collegata con l'acquifero profondo. Questo non vuole dire imporre una fascia di rispetto per tutte le fratture beanti rilevate in cava ma adottare degli accorgimenti per evitare che infiltrazioni diffuse di agenti contaminanti determini problematiche all'acquifero.
**Per questo motivo si prevedono specifiche procedure nella gestione delle acque meteoriche e di processo, nella gestione dei rifiuti e delle aree e dei mezzi in cui si utilizzano idrocarburi e nella modalità di lavorazione.**
Studi eseguiti di recente per alcune attività estrattive del versante carrarese, realizzati alla scala della singola cava, con relative valutazioni del regime di portate e del livello di torbidità delle sorgenti a esse sottese, hanno dimostrato che la torbidità rilevate all'interno delle sorgenti non è in relazione diretta con le attività di taglio eseguite costantemente nel tempo, ma risulta direttamente legata al regime pluviometrico dell'area, in quanto solo in corrispondenza degli eventi meteorici più significativi si rileva un importante incremento del livello di torbidità. Questo perché le piogge più intense tendono a dilavare le superfici e a trascinare in modo diretto i materiali fini derivati dalle attività di estrazione e presenti sulle superfici esposte, verso i punti di maggior infiltrazione e quindi verso le sorgenti.
**Tutte le prescrizioni sulle modalità di lavorazione e sulla gestione delle acque meteoriche e delle acque di lavorazione imposte ed attuate dal progetto autorizzato e quelle previste nella variante attualmente al vaglio degli enti, garantiscono la tutela nei confronti delle possibili infiltrazioni di acque contaminate di tutte le cavità ipogee esistenti o di nuova intercettazione anche ritenute non significative.**

Dicembre 2021

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
DOTT. GEOL. NICOLA LANDUCCI N° 1155

Dott. Geol. Nicola LANDUCCI