

STUDI E RICERCHE

Numero unico – 2011

SOCIETA' DI STUDI CARSICI "A. F. LINDNER"

VIA FRATELLI CERVI, N. 9/G

34077 RONCHI DEI LEGIONARI (GO)

Redazione:

Damiano Cancian, Graziano Cancian, Antonella Miani, Elisabetta Predebon,
Francesco Princivalle, Rino Semeraro, Ugo Stocker.

Società di Studi Carsici "A.F.Lindner"
Via F.lli Cervi, n.9/G
34077 Ronchi dei Legionari GO (Italy)
www.studicarsici.it
lindner@hotmail.it
Cell.: 331-1070547

Foto di copertina:
Grotta A. F. Lindner. Autore: Andrea Colus

© 2012 Stampa e Storia Lgd
Società di Studi Carsici "A.F.Lindner"
Via F.lli Cervi, n.9/G
34077 Ronchi dei Legionari GO (Italy)

Stampato da Book maker
Ronchi dei Legionari
Maggio 2012

INDICE

Elenco dei soci della Società di Studi Carsici "A. F. Lindner" - Anni 2011 - 2012

Introduzione

Antonella Miani
Relazione morale del Presidente

Damiano Cancian e Ugo Stocker:
*La Grotta di Borianò 125/135 VG nel Carso Triestino:
Alcune caratteristiche fisiche e chimiche delle acque
contenute nelle concrezioni a vasca "gours".*

11

Graziano Cancian:
Pisoliti nella Grotta di Borianò (Carso Triestino)

Elisabetta Predebon:
La Grotta di Borianò (Grotta dell'Acqua) nel Carso Triestino

Graziano Cancian e Francesco Princivale:
*Sabbie quarzose e limi argillosi ricchi di caolinite
nell'Abisso di Gabrovizza 132/73 VG (Carso Triestino)*

Rino Semeraro:
*Guido Timeus, pioniere triestino delle indagini con traccianti,
nei cent'anni dagli eventi della prova sulla continuità
tra la Reka ed il Timavo inferiore, fra il passato ed il presente pensiero
sul Timavo sotterraneo nel problema dell'idrogeologia del Carso*



ELENCO DEI SOCI
DELLA SOCIETÀ DI STUDI CARSICI “A. F. LINDNER”
ANNO 2011:

- 1 BARBARIOL Pietro
- 2 BOSCO Fabrizio
- 3 BUZZINELLI Elena
- 4 CAMUFFO Bruna
- 5 COLUS Andrea
- 6 COMAR Maurizio
- 7 DEGANUTTI Giulio
- 8 GLEREANI Enrico
- 9 LAMANDA Stefano
- 10 LANGELLOTTO Egidio
- 11 MANTOANI Silvana
- 12 MIANI Antonella
- 13 MINIUSSI Dario
- 14 MINIUSSI Maria Elisabetta
- 15 PERICH Fulvio
- 16 SAMBO Claudio
- 17 SANDRIN Morgan
- 18 SAURIN Elisabetta
- 19 STOCKER Ugo
- 20 SUPPAN Ferdinando
- 21 VALLINE Eros
- 22 ZOFF Alessandro

ANNO 2012:

1	BALDO Sara	27	TAVANO Anna
2	BARBARIOL Pietro	28	TODON Yari
3	BECCALLI Chiara	29	VALLINE Eros
4	BOSCO Fabrizio	30	ZOFF Alessandro
5	CAMUFFO Bruna		
6	CETRONE Giuseppe		
7	COLAUTTI Martina		
8	COLUS Andrea		
9	COMAR Maurizio		
10	DEGANUTTI Giulio		
11	FAIDIGA Cristian		
12	FAIDIGA Martin		
13	FAIDIGA Michele		
14	FRANZ Simona		
15	GLEREANI Enrico		
16	LANGELLOTTO Egidio		
17	LENTINI Marco		
18	MIANI Antonella		
19	MINIUSSI Dario		
20	MINIUSSI Maria Elisabetta		
21	PERESSINI Cristiano		
22	PERICH Fulvio		
23	PETRUZZI Marco		
24	SAMBO Claudio		
25	STOCKER Ugo		
26	SUPPAN Ferdinando		

INTRODUZIONE

Siamo finalmente giunti alla pubblicazione di questo settimo volume di Studi e Ricerche, dopo esserci a lungo chiesti se potevamo permettercelo. Il problema da affrontare in questi ultimi anni per noi, come per tanti altri sodalizi, è stato il netto taglio dei finanziamenti pubblici all'associazione dovuto alla crisi economica generale. Ogni anno i contributi che riusciamo ad ottenere per finanziare i nostri progetti e attività sono sempre più risicati. Il sostentamento economico che ci garantiva la Legge Regionale del F.V.G. n. 27 del 1° settembre 1966 per la tutela del patrimonio speleologico ormai è solo un ricordo del passato.

Abbiamo deciso di dare lo stesso alle stampe questa pubblicazione nella convinzione che la divulgazione dei risultati delle ricerche sia uno dei principali obiettivi di un'associazione che si proponga lo studio del fenomeno carsico.

Siamo inoltre convinti che più che mai sia necessario sensibilizzare l'opinione pubblica (soprattutto quella dei non-speleologi) sulla necessità di tutelare l'ambiente carsico e le grotte, che sono ormai a serio rischio ambientale. Sempre più frequentemente nelle grotte a facile accesso si notano deturpazioni con incisioni e abbandono di rifiuti. Questo per fortuna non succede più nelle grotte accessibili solo dagli speleologi, che negli anni hanno maturato una coscienza di assoluto rispetto ambientale, per cui non ci si pensa nemmeno di asportare concrezioni come souvenir o "scarburare" in grotta, anzi, per un minore impatto ambientale ora si tende ad abbandonare l'uso del carburo e sostituirlo con i più tecnologici impianti d'illuminazione a led.

Argomento principale degli studi riportati in questa pubblicazione è una delle grotte a rischio ambientale del Carso Triestino, la Grotta di Borianò o Grotta dell'Acqua, che si trova proprio sulla linea di confine con quello che era il territorio Jugoslavo. Fino a prima della caduta delle frontiere era abbastanza rischioso avvicinarsi: si rischiava di venir accusati di aver espatriato e incorrere nelle ire di qualche "graniciaro" (guardia di confine jugoslava). Ora, con l'inclusione della Slovenia nello spazio europeo di libera circolazione, la grotta è diventata di libero accesso per chiunque si trovi a passeggiare da quelle parti.

E' un piccolo gioiellino, visitabile anche dai bambini, purtroppo però il delicato equilibrio interno è facilmente alterabile nelle sue caratteristiche biologiche, chimiche e fisiche.

Nei tre studi qui pubblicati ne verranno illustrate le caratteristiche fisiche e chimiche delle acque contenute nelle concrezioni a vasca (gours), le pisoliti ivi rinvenute, la storia della grotta, la geologia, verrà data una descrizione morfologica, mineralogica, si parlerà di microclima e speleobiologia.

Altro tema trattato in questa pubblicazione è quello riguardante le sabbie quarzose e limi argillosi ricchi di caolinite nell'Abisso di Gabrovizza, che sono stati studiati tramite la diffrattometria a raggi X presso il Dipartimento di Geo-scienze dell'Università di Trieste, che si ringrazia per la fattiva collaborazione e disponibilità.

L'ultimo articolo è una corposa relazione su un eminente studioso triestino, Guido Timeus (19.9.1869-13.3.1953) insigne chimico che, a cavallo fra '800 e '900 si occupò dell'idrologia carsica, spinto inizialmente da motivi lavorativi, ossia trovare il modo di risolvere il problema della mancanza d'acqua che assillava Trieste, ma in seguito appassionatosi all'argomento tanto da effettuare, con vivo interesse e dedizione, ma pur sempre con preciso rigore scientifico, ricerche con i traccianti per individuare il percorso del Timavo, considerate all'avanguardia per quell'epoca.

Non resta che augurarvi buona lettura!

La redazione

RELAZIONE MORALE DEL PRESIDENTE

Con molta soddisfazione chiudo il 2011, anno importante per la Società Lindner, perché ricorre il 25° anno dalla Fondazione. E' un traguardo importante, che la nostra associazione ha raggiunto alternando, negli anni, momenti di maggior entusiasmo e produttività ad altri di minor intraprendenza.

Sui primi numeri di "Studi e ricerche" compariva di regola la Relazione Morale del Presidente, che costituiva una specie di memoria storica delle vicende della Lindner; poi per vari motivi questa tradizione si è persa, per cui ora con questo mio intervento voglio ricordare a grandi linee gli eventi cruciali che hanno cambiato per certi aspetti la storia della nostra Società.

Per chi non lo sapesse bisogna premettere che per molti anni abbiamo avuto la sede sociale in via Madonnina, n. 4, a Fogliano Redipuglia, presso i locali retrostanti la Biblioteca, di proprietà del Comune, che ci ha ospitato gratuitamente garantendoci un luogo dove incontrarci, organizzare il nostro operato e conservare i nostri materiali.

Un momento di svolta è stato il 2007, quando, avendo ricevuto la comunicazione del Comune che ci invitava a liberare l'immobile adibito a sede, ci siamo dovuti rimettere in discussione, rimboccarci le maniche e cercare un nuovo punto di riferimento per poter continuare la nostra attività. E' stato un duro colpo, che non ci aspettavamo, ma che ci ha dato una sferzata di energia.

Da quel momento l'associazione ha dimostrato veramente una ripresa, non solo perché tutti hanno dato prova di una fattiva collaborazione per trovare una nuova sede e renderla "abitabile", anche con il duro lavoro di braccia, ma da quel momento ci siamo resi conto che non tutto ci è dovuto, ed abbiamo iniziato a integrarci maggiormente con il tessuto sociale che ci ospita.

La nostra riconoscenza va al Comune di Ronchi dei Legionari, che ci ha messo a disposizione un immobile, da noi ristrutturato, dove possiamo continuare a riunirci per portare avanti nuovi progetti.

Negli ultimi anni si sono intensificati gli interventi didattici nelle scuole, presso i centri estivi, l'organizzazione di mostre, creazioni di eventi, quali presentazione di pubblicazioni, organizzazione di visite guidate, escursioni aperte anche ai non speleologi, presentazione al pubblico di documentari, divulgazione della nostra attività con articoli su quotidiani locali, siti internet, riviste on-line, pubblicazioni di Federazione, etc. Abbiamo cercato di farci conoscere e, possibilmente, apprezzare. Abbiamo partecipato a varie iniziative sia organizzate dal Comune, quali la settimana della Cultura nel nuovo Auditorium comunale, sia a sagre paesane. Siamo andati nei luoghi dove la gente comune va più spesso, nei centri commerciali, o d'estate alle manifestazioni ricreative all'aperto, quali l'Ago-sto Ronchese organizzato dalla Pro Loco.

Grazie anche alla dislocazione attuale della sede, in pieno centro cittadino, nel parco delle scuole, abbiamo acquisito maggior visibilità. Nonostante tutto però ci sono ancora tante persone che non sanno di avere nel proprio paese un'associazione che si occupa di speleologia e di studi carsici.

Molto proficua è stata l'attività esplorativa negli ultimi anni, che ci ha permesso di raggiungere obiettivi insperati: depositare al catasto centinaia tra nuove grotte e revisioni di grotte già conosciute. Purtroppo questa attività di ricerca ha avuto nell'ultimo anno una battuta se non d'arresto, perlomeno di rallentamento, in quanto alcuni dei nostri soci sono stati travolti dalla crisi economica ge-

nerale per cui, per motivi di lavoro, si sono dovuti trasferire all'estero, dove comunque portano avanti l'attività. Purtroppo la squadra esplorativa ne ha risentito pesantemente.

Nonostante tutto le iniziative del 2011 sono state moltissime, come riportato nel resoconto consuntivo dell'attività (visionabile nel sito www.studicarsici.it). Positivo il bilancio dell'operato della Lindner, con due corsi (di primo e di secondo livello) organizzati in seno alla Scuola di Speleologia di Ronchi, numerosi gli interventi di carattere divulgativo effettuati (visite guidate per conoscere i fenomeni carsici sul Carso Triestino e Monfalconese, proiezioni pubbliche di documentari), le mostre fotografiche allestite nel palazzetto dello sport e nei centri commerciali, proficui gli interventi didattici fatti in collaborazione con il Liceo Scientifico "M. Buonarroti" di Monfalcone, con le scuole primarie dell'Istituto comprensivo di Ronchi, con associazioni sportive durante i centri estivi e con l'associazione Aegee dell'Università di Udine.

Molti i progetti realizzati, anche se con rammarico penso a quello si sarebbe potuto fare in più, quale un riconoscimento ufficiale ai soci fondatori e adeguati festeggiamenti per il Venticinquennale. Una buona cartina di tornasole è il fatto che il numero dei soci sta lievemente aumentando, indice che si è realizzato un buon lavoro di gruppo e di coesione tra i soci.

Un doveroso ringraziamento va a tutti i soci che si sono fatti in quattro per realizzare le nostre attività, ognuno mettendo a disposizione le proprie conoscenze e capacità, senza risparmiarsi, sacrificando il proprio tempo libero, e a volte anche le ferie.

Un dovuto riconoscimento va al Consiglio Direttivo per l'anno 2011, eletto dall'Assemblea generale il 16 dicembre 2010, che era così composto: Alla Presidenza la sottoscritta, Miani Antonella, con incarico biennale; Vice presidente: Stocker Ugo; Direttore scientifico: Comar Maurizio; Direttore tecnico: Bosco Fabrizio; Economo: Colus Andrea.

A fine anno, il 15 dicembre 2011 si sono tenute le elezioni per il presente mandato della Società "Lindner". Il nuovo Consiglio Direttivo per l'anno 2012, riconfermato in buona parte, risulta così composto: Ugo Stocker: Vice Presidente; Maurizio Comar: Direttore scientifico; Colus Andrea: Economo e Giulio Deganutti: Direttore Tecnico.

Anche per i prossimi anni la Società Lindner ha molti progetti da realizzare. Per ora si compiace di dare alle stampe il presente numero di "Studi e Ricerche", pubblicazione che riporta i risultati degli studi scientifici effettuati in campo speleologico.

Antonella Miani

Presidente della Società di Studi Carsici "A.F.Lindner"

Damiano Cancian, Ugo Stocker

LA GROTTA DI BORIANO 125/135 VG NEL CARSO TRIESTINO: ALCUNE CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLE ACQUE CONTENUTE NELLE “CONCREZIONI A VASCA” (GOURS)

Riassunto

La Grotta di Borianò o Grotta dell'Acqua si apre nel Carso Triestino. Ha un andamento suborizzontale con uno sviluppo di 188 metri e nella parte più interna si trovano diverse vasche (gours) spesso piene di acqua limpida. In 9 vasche ed in un campione di acqua di percolazione sono stati determinati questi parametri: temperatura, conduttività, pH, durezza carbonatica KH, durezza totale GH, anidride carbonica libera, nitriti, nitrati, fosfati.

Si è visto che le acque sono medio-dure e che, al momento delle indagini, erano leggermente incrostanti oppure esisteva un sostanziale equilibrio nel sistema $\text{KH} - \text{CO}_2 - \text{pH}$.

La ricerca ha voluto dimostrare, inoltre, che è possibile eseguire delle indagini chimiche speditive dentro le grotte anche con mezzi facilmente accessibili agli speleologi.

Abstract

The “Grotta di Borianò” (Borianò Cave) or “Grotta dell'Acqua” (Water Cave) develops in the Karst of Trieste. It has a subhorizontal trend with a development of 188 meters and in the inner part there are several shallow cave pools often full of clear water. These parameters were determined into 9 cave basin and in one sample of percolation water: temperature, conductivity, pH, carbonate hardness KH, total hardness GH, free carbon dioxide, nitrites, nitrates, phosphates.

We have seen that the waters are medium-hard and, at the moment of the analysis, they were slightly encrusting or there was a substantial balance in the system $\text{KH} - \text{CO}_2 - \text{pH}$.

This research wanted to prove also that it is possible to perform chemical quick investigation into caves with equipment easily accessible to speleologists.

1. PREMESSA

Le concrezioni a vasca sono conosciute anche con termine inglese "*rimstone dams*", usato per la prima volta da Shepard nel 1835 e con quello francese "*gours*", introdotto dal Martel nel 1894.

In sintesi si tratta di barriere, spesso costituite da calcite, che formano dei bacini, più o meno ampi e di varia forma, contenenti acqua, generalmente poco profondi rispetto al diametro.

Sono concrezioni che ogni speleologo ha avuto occasione di vedere, anche se ovviamente sono più sviluppate nelle grotte calcaree concrezionate.

Secondo le teorie più diffuse, questi speleotemi si formano dove esiste una leggera corrente o un velo d'acqua continuo o almeno quasi-continuo, inoltre l'innescio del fenomeno è favorito dalle piccole irregolarità del pavimento. La turbolenza dell'acqua presso gli orli provoca una perdita di anidride carbonica e conseguente precipitazione del carbonato di calcio. Queste caratteristiche sono più ampiamente illustrate anche da Hill e Forti (1997).

Nella Grotta di Borianò le vaschette sono molto frequenti nel tratto più interno della grotta, dove lo stillicidio è più intenso e l'acqua permane abbastanza a lungo nella maggior parte delle vasche. A questo proposito è interessante segnalare che, durante una visita effettuata nell'autunno 2010, periodo caratterizzato da una prolungata piovosità, l'acqua era così abbondante che aveva impedito il proseguimento della visita della grotta. Nel giugno 2011, al contrario, quasi tutte le vasche erano asciutte. Si deve dedurre, pertanto, che il regime idrico è molto variabile.

2. DESCRIZIONE DELLA GROTTA

Questa cavità naturale si apre nel versante meridionale del Solco di Brestovizza esattamente lungo la linea di confine Italia-Slovenia. E' nota da molti anni, infatti il primo rilievo risale al 1899 (Bertarelli e Boegan 1926), però, a causa della sua posizione particolare fu poco frequentata dagli speleologi dalla fine della seconda guerra mondiale fino all'indipendenza della Slovenia, poiché il confine era pattugliato dalle guardie jugoslave (graniciari) e da militari di leva. Un'interessante descrizione di questa situazione è stata data da Marini (2009). Questa circostanza sfavorevole, però, ha contribuito a mantenere intatta la grotta.

Lo sviluppo planimetrico è di 188 m lungo un asse orientato NO-SE e la profondità di 23,5 m.

L'ingresso principale sembra dovuto ad un crollo di volta, poi, appena entrati si percorre un tratto in discesa. Si prosegue poi in salita e quindi in discesa tra grandi massi di crollo. Questa parte è piuttosto spoglia, però, subito oltre un restringimento, la grotta cambia completamente ed appare concrezionata e con diversi tratti suborizzontali. Più avanti ancora, il concrezionamento si fa imponente ed a terra si notano parecchie vasche (*gours*) piene d'acqua perfettamente limpida. Si notano anche colate, stalattiti e stalagmiti. La grotta prosegue con una bella sala, sempre concrezionata dove le vasche sono meno frequenti ed alcune erano asciutte al momento delle nostre visite. Una descrizione dettagliata della grotta si trova in un altro articolo di questo volume (E. Predebon 2012).

3. SCOPI DELLA RICERCA, MATERIALI E METODI

Generalmente gli studi idrochimici si avvalgono del supporto di laboratori specializzati, ma, per comprensibili motivi, nel campo speleologico ciò è possibile solo in casi isolati e di conseguenza questo genere di indagini sono ancora poco diffuse.

Per questo motivo, la nostra ricerca si è prefissa un duplice scopo: fare una prima caratterizzazione fisico-chimica delle acque e dimostrare che la raccolta dei parametri essenziali può essere effettuata in loco, anche dagli speleologi, con mezzi semplici e poco costosi.

In questa maniera, oltre a poter trarre le prime conclusioni è poi possibile, se si vuole approfondire ulteriormente gli studi, avvalersi anche di specifiche analisi di laboratorio, ma sapendo già cosa cercare e quali campioni analizzare, con conseguente risparmio di tempo e di costi.

Per effettuare lo studio sono state usate delle apposite strumentazioni portatili della Hanna Instruments e dei kits di analisi che frequentemente vengono usati anche negli acquari.

In grotta sono stati determinati questi parametri:

- temperatura
- conduttività
- pH
- durezza carbonatica KH
- durezza totale GH.

Sono stati raccolti poi dei campioni, che sono stati analizzati all'esterno, subito dopo, rilevando questi ulteriori dati:

- anidride carbonica libera CO_2
- nitrati NO_3
- nitriti NO_2
- fosfati PO_4 .

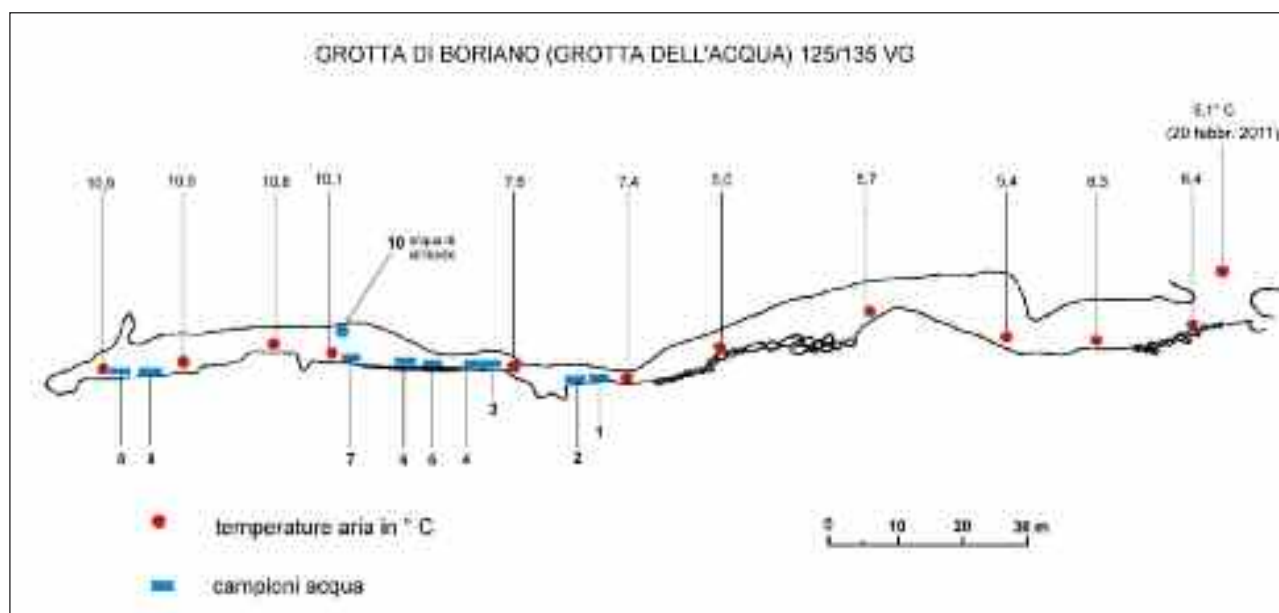


Fig. 1: sezione longitudinale della grotta con indicazione delle temperature dell'aria e dei punti in cui sono state effettuate le analisi delle acque.



Fig. 2: *esecuzione delle analisi delle acque.*

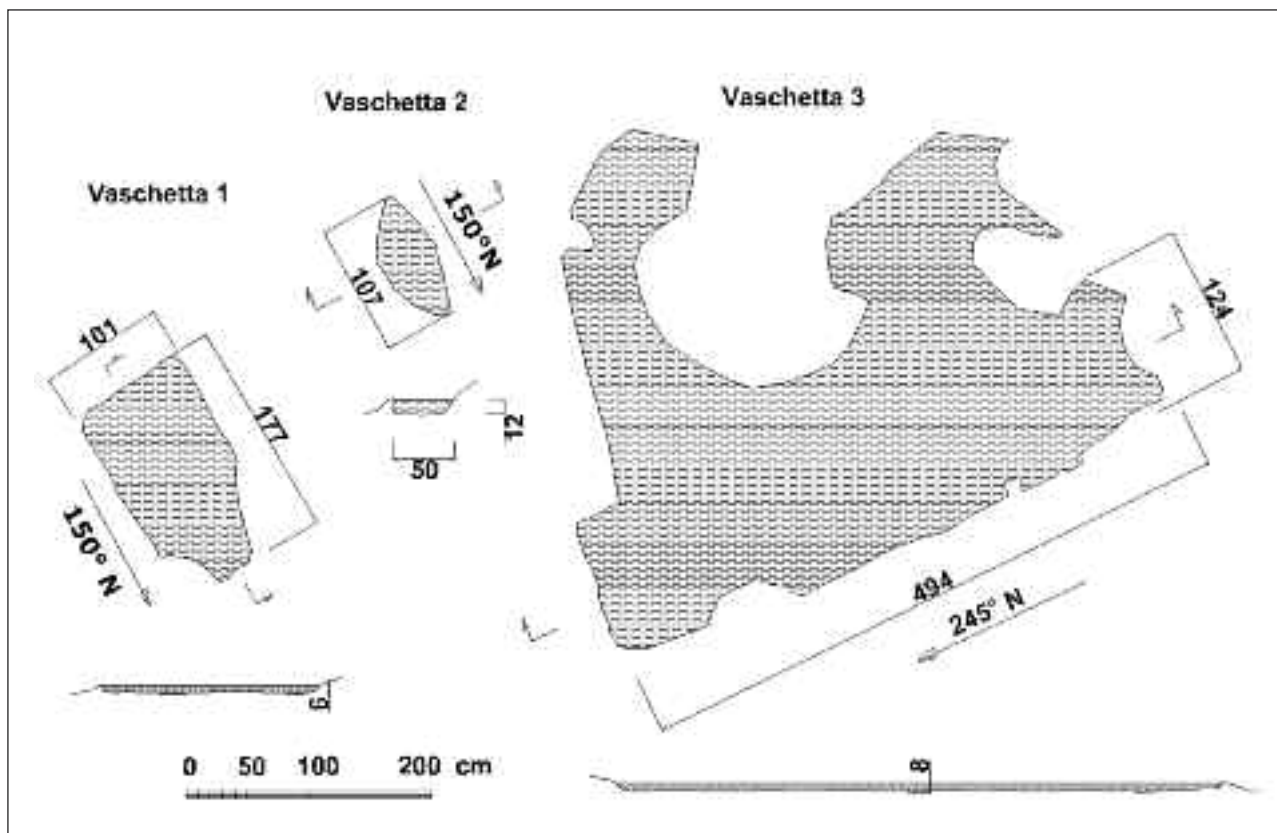


Fig. 3: pianta e sezione delle vaschette 1-2-3.

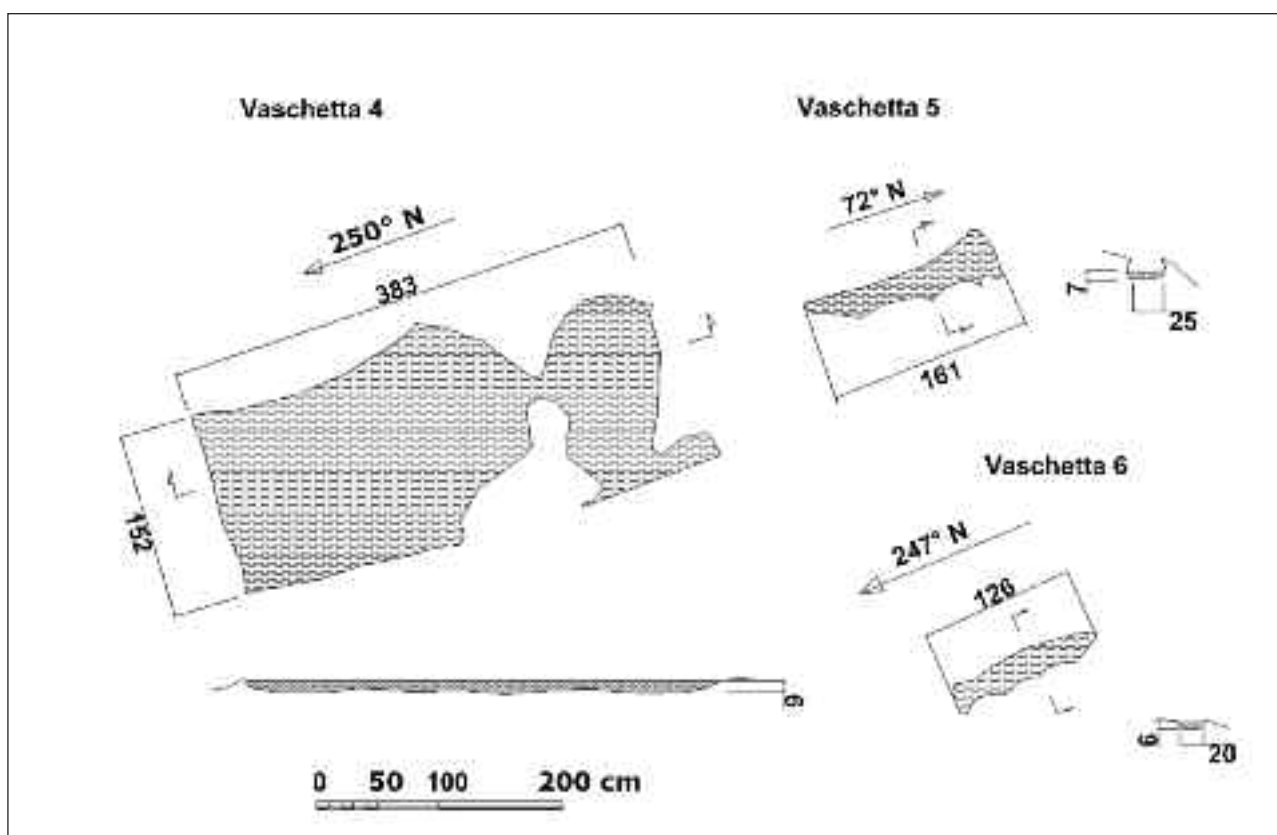


Fig. 4: pianta e sezione delle vaschette 4 e 5.

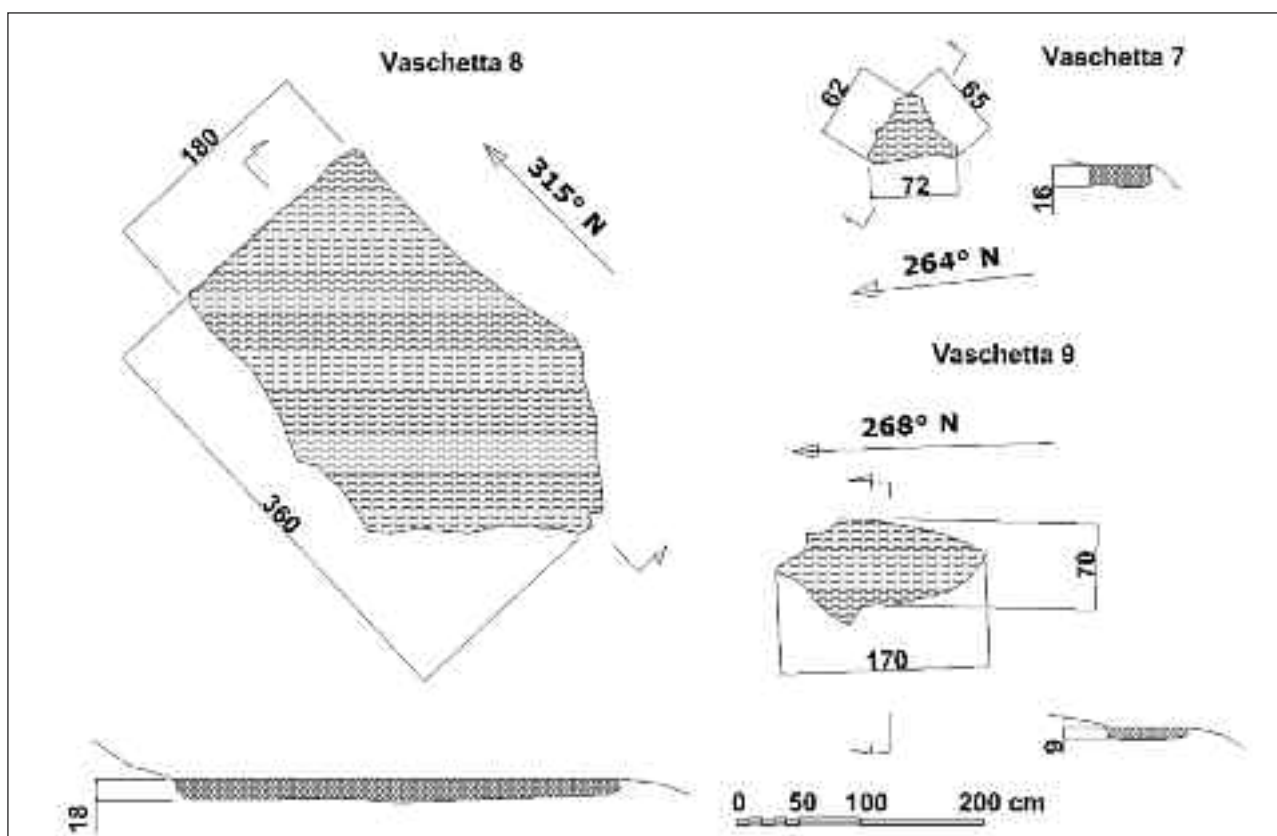


Fig. 5: *pianta e sezione delle vaschette 7 – 8 – 9.*

Le durezza, l'anidride carbonica ed il pH permettono di avere una prima visione degli equilibri che regolano le acque carsiche, caratterizzate dal sistema $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ (Bianucci et al 1985). Inoltre, dato che la grotta era abitata anche da alcuni esemplari di chiroterri, durante le nostre visite, si è voluto controllare se la loro attività biologica avesse inquinato le acque. Per questo motivo sono state effettuate ricerche anche su nitriti, nitrati e fosfati.

In totale sono stati esaminati 10 campioni di acqua: 9 delle vasche ed uno di stillicidio.

Con lo scopo di avere un'informazione sul microclima ipogeo, prima delle analisi sono state effettuate misurazioni della temperatura dell'aria lungo tutta la grotta. Si è visto così che le temperature sono più basse nel primo tratto ($5,4^\circ - 7,4^\circ \text{C}$) e che si innalzano nel tratto più interno ($7,6^\circ - 10,9^\circ \text{C}$) mentre all'esterno la temperatura era di $9,1^\circ \text{C}$ (20 febbraio 2011).

4. MORFOLOGIA DELLE VASCHE

Le vasche hanno dimensioni variabili da pochi decimetri quadrati a più metri quadrati. Ad esempio, la numero 3 ha dimensioni di $4,5 \times 4,9 \text{ m}$ circa. Le più piccole hanno spesso una forma allungata, talvolta tendente all'ellittico, mentre le più grandi sono irregolari ed i loro bordi dipendono appunto dalle irregolarità del pavimento. Esiste anche qualche vaschetta senza bordi, approfondita entro il crostone calcitico che ricopre buona parte del pavimento.

La profondità media dell'acqua è generalmente scarsa e si aggira tra i 4 ed i 15 cm. Il fondo è orizzontale, calcitico, spesso ricoperto da un sottile velo di limo, da frammenti di roccia e pisoliti. Queste ultime sono sferiche, subsferiche o decisamente irregolari, con la superficie di colore "fango". Talvolta presentano inclusioni di frammenti carbonizzati di legno che hanno favorito l'aggregazione dei cristalli attorno ad essi.

Uno studio sulle pisoliti della grotta è riportato in questo volume (G. Cancian 2012).

L'orientamento prevalente dell'asse maggiore delle vasche è attorno a ESE-ONO e subordinatamente NO-SE (direzione dell'asse principale della grotta).



Fig. 6: vasca n° 4.

5. RISULTATI DELLE ANALISI

I risultati delle analisi sono riportati nella successiva tabella:

n° camp.	Temp. ° C	Cond. μS/cm	KH ° D	GH ° D	CO ₂ mg/l	pH	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ mg/l
1	6,3	277	7,0	10,5	7,0	7,6	< 0,05	~ 1,0	< 1,0
2	6,4	285	7,0	10,5	6,0	7,6	< 0,05	< 1	< 1,0
3	9,4	257	6,5	10,0	6,5	7,5	< 0,05	< 1	< 1,0
4	9,7	247	6,0	9,5	6,0	7,5	< 0,05	< 1	< 1,0
5	10,1	260	6,5	10,0	7,0	7,6	< 0,05	< 1	< 1,0
6	9,9	243	6,0	9,5	9,0	7,4	< 0,05	< 1	< 1,0
7	10,1	298	7,5	11	9,0	7,5	< 0,05	< 1	< 1,0
8	10,6	204	5,0	9,0	8,0	7,4	< 0,05	< 1	< 1,0
9	10,7	187	5,0	8,0	5,5	7,4	< 0,05	< 1	< 1,0
Stillic.	10,3	368	9,0	12	14,0	7,5	< 0,05	< 1	< 1,0

Tab. 1: *caratteristiche fisico-chimiche delle acque analizzate.*

a) Temperatura dell'acqua

La temperatura dell'acqua era solo leggermente inferiore a quella dell'aria. Il valore minimo è stato registrato nella prima vaschetta (6,3 °C) e quello massimo nell'ultima (10,7 °C). Si assiste, quindi, ad un aumento della temperatura procedendo verso l'interno della grotta.

b) Conduttività

Questo parametro indica la capacità dell'acqua di lasciarsi attraversare dalla corrente elettrica ed è proporzionale alla concentrazione degli ioni presenti. In definitiva, questa misura ci da una prima informazione sulla quantità di sali disciolti, che qui sono rappresentati soprattutto dagli ioni calcio, carbonato e bicarbonato. L'unità di misura è in microsiemens/cm.

Nelle vasche la conduttività è risultata compresa tra 187 e 298 S/cm e nell'acqua di stillicidio è 368 S/cm, pertanto si deduce subito che quest'ultima ha una maggiore quantità di sali disciolti, fatto che verrà confermato anche dalla misura delle durezza.

c) Durezze KH e GH

La durezza carbonatica KH è la durezza temporanea e misura la sola concentrazione degli ioni bicarbonato (HCO_3^-), che sono in maggioranza e carbonato (CO_3^{2-}). Nel nostro caso KH è espresso in gradi tedeschi ($^\circ\text{D}$), ricordando che 1°D corrisponde a 10 mg/l di CaO (ossia 1,79 gradi francesi o 17,85 ppm di CaCO_3).

Come si può notare, nelle vasche questo parametro è compreso tra 5,0 e 7,5 $^\circ\text{D}$, mentre nelle acque di percolazione sale a 9,0 $^\circ\text{D}$.

La durezza totale GH, invece, misura il contenuto in ioni calcio (Ca^{++}) e magnesio (Mg^{++}). Nell'acqua delle vasche è compresa tra 9,5 e 11 $^\circ\text{D}$ ed arriva a 12 $^\circ\text{D}$ nelle acque di percolazione.

Poiché nelle acque di grotta del Carso è presente soprattutto il bicarbonato di Ca e subordinatamente di Mg, dovrebbe esserci una buona correlazione tra durezza KH e conduttività. Ciò è stato dimostrato dal grafico di fig. 7.

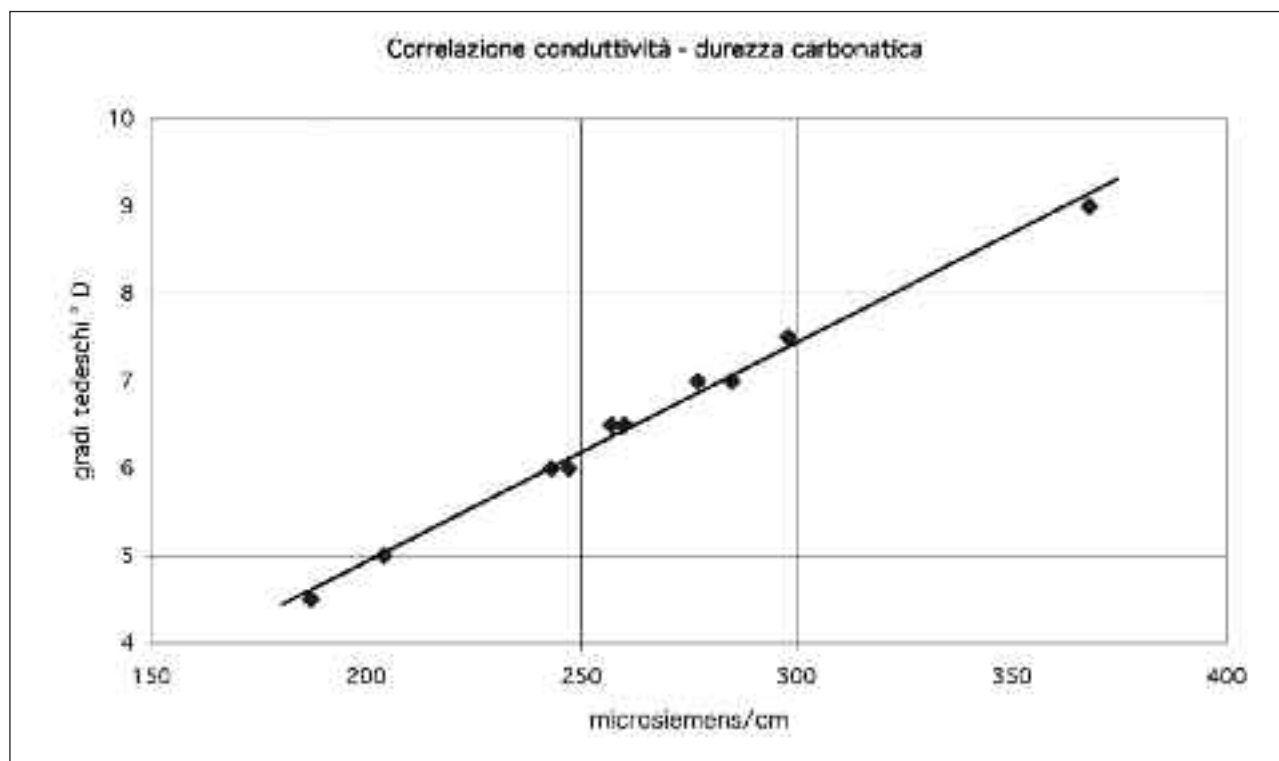


Fig. 7: correlazione tra conduttività e durezza carbonatica KH nelle acque analizzate.

d) Anidride carbonica libera CO_2

La concentrazione nelle vasche è compresa tra 5,5 e 9,0 mg/l. Nell'acqua di percolazione, invece, è di 14 mg/l.

Si ricorda che la sua concentrazione è in rapporto inverso con la temperatura e che le sue variazioni influiscono sul pH e sull'attività degli ioni bicarbonato. In definitiva, l'anidride carbonica è uno dei principali fattori che determinano se l'acqua è aggressiva o incrostante. Per questo motivo si è cercato di misurare questo dato con accuratezza.

e) pH ed equilibri $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$

L'acqua delle vasche è caratterizzata dal ben noto equilibrio: $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ che forma una soluzione tampone, quindi il pH tende a variare molto poco. Esiste quindi un rapporto costante tra pH, CO_2 e durezza KH (che esprime la concentrazione dei carbonati):

$$\text{pH} = 7,5 + \log \text{KH (in } ^\circ\text{D)} - \log \text{CO}_2 \text{ (in mg/l)}$$

Il valore di 7,5 dipende dalla temperatura e può variare da 7,46 a 7,58.

Con questa ed altre equazioni simili, proposte da vari autori, si sono ottenute delle tabelle che riportano i valori dei tre parametri (KH, pH, CO_2) quando la soluzione è in equilibrio.

pH KH	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	8,0
4	12,0	9,5	7,6	6,0	4,8	3,8	3,0	2,4	1,9	1,2
5	15,0	11,9	9,5	7,5	6,0	4,7	3,8	3,0	2,4	1,5
6	18,0	14,3	11,4	9,0	7,2	5,7	4,5	3,6	2,9	1,8
7	21,0	16,7	13,3	10,5	8,4	6,6	5,3	4,2	3,3	2,1
8	24,0	19,1	15,1	12,0	9,6	7,6	6,0	4,8	3,8	2,4
9	27,0	21,4	17,0	13,5	10,7	8,5	6,8	5,4	4,3	2,7
10	30,0	23,8	18,9	15,0	11,9	9,5	7,5	6,0	4,8	3,0
11	33,0	26,2	20,8	16,5	13,1	10,4	8,3	6,6	5,2	3,3

Tab. 2: tabella per il calcolo della concentrazione di anidride carbonica in mg/l in funzione di KH e pH in una soluzione in equilibrio.

Negli studi di idrologia carsica, l'esigenza più frequente è quella di verificare se le acque sono aggressive o incrostanti. A questo proposito esistono diversi metodi, più o meno complessi. Il più semplice è quello proposto ancora nel 1937 da Langelier che si basa sull'indice di saturazione I_s :

$$I_s = \text{pH} - \text{pH}_s$$

dove pH è il valore effettivamente misurato e pH_s è il pH di saturazione, ossia quello che si dovrebbe avere se l'acqua fosse in equilibrio. Se I_s è positivo l'acqua è incrostante; se è negativo è aggressiva; se è nullo l'acqua è in equilibrio.

Per ricavare pH_s esistono delle formule che tengono conto della temperatura, del totale di solidi disciolti, della concentrazione di CaCO_3 e dell'alcalinità. Un interessante lavoro riguardante anche

l'indice di Langelier nelle acque di percolazione del Carso è stato effettuato da Gemitì e Merlak (2000).

Nel nostro caso, per avere una prima informazione di massima, adottiamo i valori di pHs ricavati dall'equazione della tabella 2. Si può vedere, pertanto, che nella Grotta di Borianò le acque sono leggermente incrostanti o in equilibrio.

campione	pH	pHs	Is
1	7,6	7,5	+ 0,1
2	7,6	7,5	+ 0,1
3	7,5	7,5	-
4	7,5	7,5	-
5	7,6	7,4	+ 0,2
6	7,4	7,3	+ 0,1
7	7,5	7,4	+ 0,1
8	7,4	7,3	+ 0,1
9	7,4	7,4	-
10 (still)	7,5	7,3	+ 0,2

Tab. 3: *calcolo dell'indice di saturazione Is.*

f) Nitrati NO_3 , nitriti NO_2 e fosfati PO_4 .

E' stata rilevata una lieve presenza di nitrati (~ 1,0 mg/l) solo nel campione 1. In tutti gli altri casi, nitriti, nitrati e fosfati erano al di sotto della soglia di rilevamento con l'attrezzatura a disposizione.

6. CORRELAZIONE CONDUTTIVITA' – CALCIO

Considerato che in precedenza era già stata verificata una correlazione tra conduttività e durezza carbonatica (vedi fig. 7), si è voluto verificare poi se esiste la stessa situazione con il calcio.

Per questo motivo sono stati esaminati tre campioni e - pure nella limitatezza dei numeri - si è visto che in effetti la correlazione è buona.

La determinazione del calcio è stata determinata con un kit (Testset JBL) che permetteva di misurare

con precisione di 5 mg/l su un campione di 20 cc ed eventualmente di stimare eventuali scostamenti.

Per tale motivo i dati devono ritenersi puramente indicativi ed approssimati.

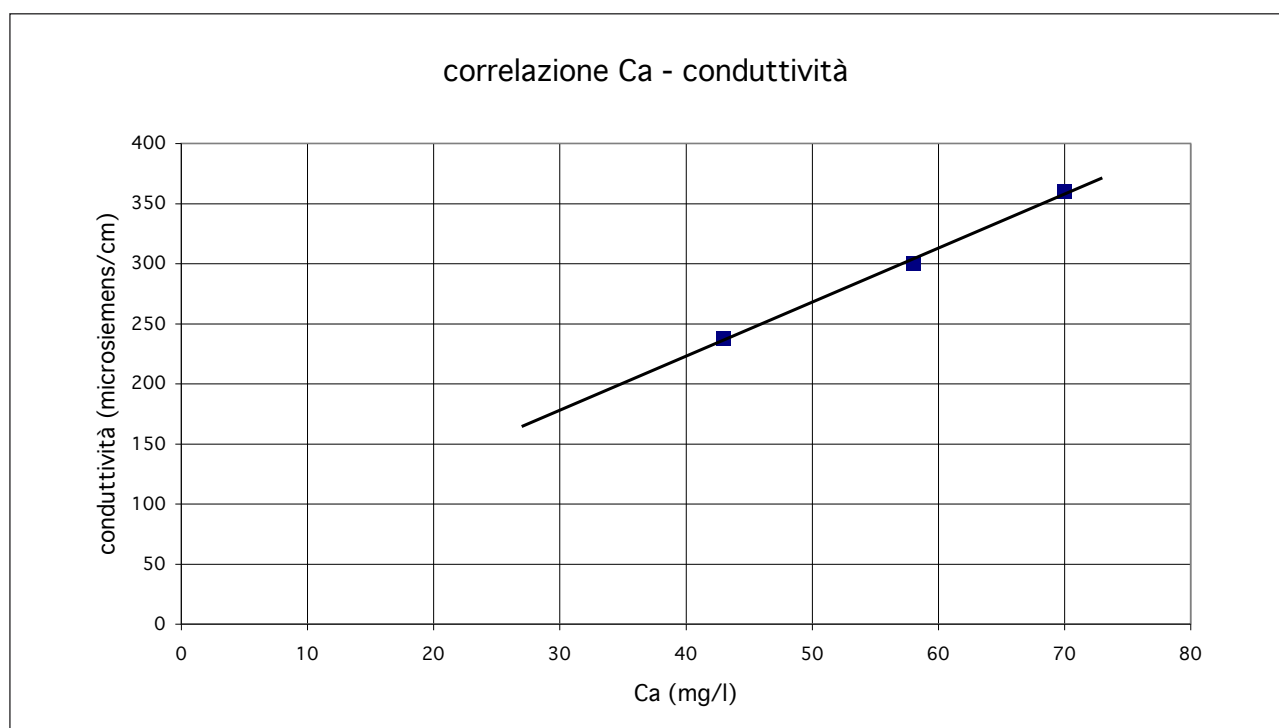


Fig. 8: correlazione tra conducibilità e contenuto di calcio nelle acque della grotta di Borianò.

In uno studio riguardante le acque carsiche, quindi presumibilmente abbastanza simili a quelle della Grotta di Borianò, Merlak (2000) ha ricavato una formula empirica per determinare la quantità di calcio attraverso la sola misura della conducibilità specifica K_{25} .

Si è voluto vedere, pertanto, se questa formula è applicabile anche alla Grotta di Borianò con i soli dati chimici da noi raccolti.

Nel caso di acque con presenza subordinata di magnesio, solfati, nitrati, cloruri, come accade nel Carso Triestino, l'equazione proposta è la seguente:

$$Ca = 0,218 (K_{25} - 7,8 Mg - 1,06 An)$$

dove Ca, Mg e An sono espressi in mg/l. An = solfati, nitrati, cloruri.

Per quanto riguarda le tre acque della Grotta di Borianò si è ipotizzato – in via preliminare - che il magnesio abbia una concentrazione crescente con la conducibilità (3,0 – 3,5 – 4,0 mg), e lo stesso è stato ipotizzato per la somma dei solfati, nitrati e cloruri (13,0 – 13,5 – 14,0 mg).

E' ovvio che, facendo delle ipotesi, si possono ottenere solo delle stime indicative, tuttavia concentrazioni abbastanza simili sono state osservate nelle acque di percolazione di grotte che si aprono negli stessi litotipi. Un esempio è riportato da Zorzenon e Cancian (1993). Per non introdurre altre variabili non misurate è stato trascurato il sodio, la cui concentrazione è generalmente molto bassa. La conducibilità K_{25} si riferisce a 25° perciò i valori misurati in grotta e poi all'esterno, sono stati corretti in funzione della temperatura.

Alla fine si è potuto constatare che, nonostante le numerose approssimazioni, i valori teorici, dedotti

dall'equazione, sono abbastanza simili a quelli determinati col kit di analisi, quindi il grafico di figura 7 acquista maggiore attendibilità.

Campione	Conduttività K_{25} $\mu\text{S}/\text{cm}$	Calcio determinato con analisi chimica (mg/l)	Calcio determinato con l'equazione (mg/l)
A	240	42,5	44
B	311	60	59
C	368	70	70

Tab. 4: *confronto tra il contenuto di calcio determinato con l'analisi chimica e calcolato con l'equazione basata sulla conduttività.*

7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Lo studio ha evidenziato che le acque contenute nelle vasche si possono definire “medio-dure” (GH tra 8 e 11 °D) e che, al momento delle indagini, erano leggermente incrostanti o in sostanziale equilibrio.

Il pH, invece, era tra 7,4 e 7,6 e la concentrazione di anidride carbonica tra 5,5 e 9,0 mg/l.

Il campione di acqua di stillicidio, invece, presentava una maggiore durezza totale (GH: 12 °D) e maggiore contenuto in anidride carbonica (14 mg/l).

Si potrebbe dedurre, pertanto, che nelle vaschette l'acqua ha un minore durezza perché una parte del carbonato di calcio disciolto nelle acque di percolazione si è depositato. Ciò spiega anche la formazione delle pisoliti.

La misura della conduttività, invece, ha fornito importanti informazioni per stimare le durezza ed il contenuto di calcio, perciò questo è uno dei primi parametri da determinare nelle acque di grotta.

Con questa ricerca, infine, si è dimostrato che è possibile effettuare studi chimici, pur con le dovute approssimazioni e cautele, anche con strumenti e kits non eccessivamente costosi o delicati, con i quali si possono fare misure direttamente in grotta.

BIBLIOGRAFIA

- BERTARELLI L.V., BOEGAN E. (1926): *Duemila Grotte. Quarant'anni di esplorazioni nella Venezia Giulia*, Touring Club Italiano, Milano.
- BIANUCCCI G., RIBALDONE BIANUCCI E. (1985): *La chimica delle acque sotterranee*. Hoepli Editore, Milano.
- CANCIAN G. (2012): *Pisoliti nella Grotta di Borianò 125/135 VG nel Carso Triestino*. Studi e Ricerche. Soc. di St. Carsici "Lindner", Ronchi dei Legionari.
- GEMITI F., MERLAK E. (2000): *Determination of the pH of saturation, Langelier index and chemical composition in the percolating waters of the Trieste Karst*. Ipogea, n° 3, pp. 73-88, Gr. Spel. S. Giusto, Trieste.
- HILL C., FORTI P. (1997): *Cave Minerals of the world*. National Speleological Society, Huntsville, USA.
- LANGELIER W.F. (1937): *The analytical control of anti-corrosione water treatment*. J. Amer. Water Works Assoc., 28 (10), 150.
- MARINI D. (2009): *Vecchie storie di "graniciari" e primule rosse*. In: *Il sentiero militare Abramo Schmid*, pp. 71-74, Gruppo Spel. Flondar, Duino-Aurisina.
- MARTEL E. A. (1894): *Les Abîmes*. Paris, Delagrave, 578 p.
- MERLAK E. (2000): *Determination of electrical conductance in the study of karst waters*. Ipogea, n° 3, pp. 89-115, Trieste 2001.
- PREDEBON E. (2012): *La Grotta di Borianò (Grotta dell'acqua) 125/135 VG nel Carso Triestino*. Studi e Ricerche. Soc. di St. Carsici "Lindner", Ronchi dei Legionari.
- SHEPARD C. U. (1835): *On the strontianite of Schoharie*, New York, with a notice of the limestone cavern in the same place. Am. Jour. Sci., ser. 3, v. 27, pp. 363-370.
- ZORZENON G., CANCIAN G. (1993): *Le acque di percolazione nel Carso Goriziano: chimismo, temperature e stima della dissoluzione dei calcari*. Atti XVI Congr. Naz. Speleol., Udine 6-9 sett. 1990, Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. XVI, pp. 225-236.

Graziano Cancian

PISOLITI NELLA GROTTA DI BORIANO 125/135 VG NEL CARSO TRIESTINO

Riassunto:

Nella Grotta di Boriano (Carso Triestino) sono stati studiati tre depositi di pisoliti tramite analisi granulometriche, morfometriche, mineralogiche ed osservazioni al microscopio binoculare.

Il primo, che si trova vicino all'ingresso principale, sembra il più antico ed è formato dal riempimento completo di una piccola conca concrezionata, dove sono avvenuti anche successivi fenomeni di cementazione calcitica.

Gli altri due, invece, si trovano nella parte più interna della grotta, entro vaschette spesso riempite d'acqua.

Tutte le pisoliti sono risultate costituite da calcite, però negli ultimi due depositi è presente anche della sostanza carboniosa nera, che in un caso costituisce spesso il nucleo e nell'altro è intercalata nelle bande concentriche di accrescimento.

Probabilmente il materiale carbonioso deriva da qualche antico incendio sul Carso o da fuochi accesi in prossimità delle imboccature.

La struttura interna delle pisoliti rappresenta dunque una sorta di memoria degli avvenimenti passati e delle variazioni chimico-fisiche ambientali.

Abstract:

In the "Grotta di Boriano" (Boriano cave, Karst of Trieste) we studied three deposits of pisolites (pearls cave) by granulometric, morphometric and mineralogical analyses and by observations through the binocular microscope.

The first, that is near the chief entrance, seems the most old and it is formed by entire filling of a concretionary little basin, where successive phenomena of calcitic cementation happened too.

The other two, instead, are in the most interior side of the cave, in shallow cave pools often filled of water.

All pisolites are constituted by calcite, but a dark carbonaceous substance is present in the last two deposits, that in one case often it formed the nucleus and in the other it is intercalated in the concentric bands of increase.

Probably the carbonaceous substance is the evidence of some ancient great fire on the Karst or fires alight near the entrances.

Then the inside structure of the pisolites is a kind of memory of the past events and of the chemical-physical environmental changes.

1. LE PISOLITI DI GROTTA

Le pisoliti, dette anche “perle di grotta” (ingl.: *cave pearls*), sono concrezioni ben note agli speleologi e sono formate da un nucleo centrale attorno al quale si sono sviluppate delle bande concentriche di accrescimento.

Fanno parte del gruppo di concrezioni che si sviluppano per sommersione in acqua, solitamente entro vaschette.

Il loro diametro è in relazione alle caratteristiche chimiche e all'energia cinetica dell'acqua. Inoltre, se l'energia supera un certo valore, le pisoliti possono essere asportate dalla vaschetta, mentre, al contrario, se l'energia è molto scarsa, possono saldarsi al pavimento.

Generalmente evolvono verso la forma sferica, però il loro aspetto finale è controllato anche da altri fattori come l'erosione, lo spazio a disposizione, l'impedimento sterico, la sommersione parziale ed i parametri chimico-fisici dell'acqua. Per questo motivo si possono avere anche forme cilindriche, irregolari, cubiche, ecc. Una buona descrizione di queste concrezioni è data da Hill e Forti 1997.



Fig. 1: rilievo della grotta con i tre punti di studio delle pisoliti.

2. PISOLITI NELLA GROTTA DI BORIANO. ASPETTI GENERALI

La grotta si apre nei calcari cretatici del Carso Triestino (*membro di M.te Coste*) ed è caratterizzata, nella sua parte più interna, da diverse vaschette concrezionate (*gours*) sul pavimento, descritte anche in altri due studi presenti in questo volume (D. Cancian & U. Stocker 2012 e E. Predebon 2012). L'acqua è molto abbondante nei periodi piovosi, però, durante la siccità, quasi tutte le vaschette possono asciugarsi, come verificato in un nostro sopralluogo del 1° giugno 2011. Ne consegue che le caratteristiche idrologiche sono molto variabili.

Durante le ricerche abbiamo esaminato preliminarmente diverse pisoliti, poi abbiamo scelto di soffermare la nostra attenzione su tre depositi ritenuti rappresentativi.

Si avverte che il termine “pisolite” è qui usato in senso ampio ed indica tutte le concrezioni a struttura concentrica trovate dentro conche e vasche.

Tipo 1: consiste nel riempimento di una bassa ed irregolare depressione sopra una roccia concrezionata a circa 25 m dall'ingresso. Non è facile trovarlo perché le dimensioni sono ridotte, inoltre la depressione è priva d'acqua. Le pisoliti sono di colore biancastro – grigio chiaro e ad una prima impressione è facile scambiare per ghiaietta, inoltre sono associate ad un limo calcareo chiaro o marrone oppure sono cementate, almeno in parte, da calcite o da calcite terrosa. Le forme “libere” sono quindi solo una frazione del totale.

In definitiva si tratta di un deposito atipico, non più “attivo”, considerato che ormai qui le pisoliti non si formano ed accrescono più, anzi ora tendono ad essere cementate o ricoperte dal concrezionamento. Altri piccoli depositi dello stesso tipo si trovano nelle immediate vicinanze, sempre tra l’ingresso principale e quello a pozzo, nel lato destro (Nord-Est) della caverna.

Tipo 2: sono state osservate in una vaschetta situata nel tratto interno ed orizzontale della grotta, oltre il pozzo di alcuni metri, che rappresenta la parte più profonda della caverna. Sono caratterizzate dalla superficie decisamente “ruvida” e dal colore marroncino chiaro (colore “fango”). Sotto le pisoliti si trova uno strato nero di sostanza vegetale carbonizzata. Durante le nostre osservazioni, la vaschetta era spesso priva d’acqua. Si riempie solo nei periodi particolarmente piovosi.

Tipo 3: si trovano in un’altra vasca concrezionata a breve distanza dalla precedente, dove, di norma sono completamente o parzialmente immerse nell’acqua, anche se in una visita l’acqua era assente. Sono più compatte e la loro superficie è più liscia rispetto al tipo 2, ma il colore è lo stesso. La forma, invece, spesso diverge dalla sferica. In diversi casi sono irregolari, leggermente appiattite oppure hanno un aspetto che ricorda i coralloidi. Molte sono abbastanza lisce sul fondo e presentano forme coralloidi sulla parte superiore e sui fianchi. A prima vista non sembrerebbero pisoliti, ma se si indaga sulla loro struttura si scopre che presentano ugualmente un nucleo e bande concentriche di accrescimento.



Fig. 2: *i tre tipi di pisoliti.*



Fig. 3:
deposito di pisoliti del tipo 1



Fig. 4: *deposito 2.*
Sotto le pisoliti si trova uno strato
di sostanza carboniosa nera.



Fig. 5:
vasca con pisoliti del tipo 3.

3. ANALISI GRANULOMETRICHE, MORFOMETRICHE E PESI

Lo studio è stato effettuato assimilando i depositi pisolitici ad una ghiaia, pertanto sono state condotte analisi granulometriche e morfometriche.

Dai grafici delle analisi granulometriche (fig. 6) è stato possibile ricavare i seguenti parametri:

- mediana: (d₅₀)
- media: $(\varnothing_{16} + \varnothing_{50} + \varnothing_{84}) / 3$
- coefficiente di uniformità: d_{60} / d_{10}
- coefficiente di cernita di Trask: radice quadrata di d_{75} / d_{25}
- coefficiente di cernita (Folk e Ward): $(\varnothing_{84} - \varnothing_{16}) / 4 + (\varnothing_{95} \varnothing_5) / 6,6$

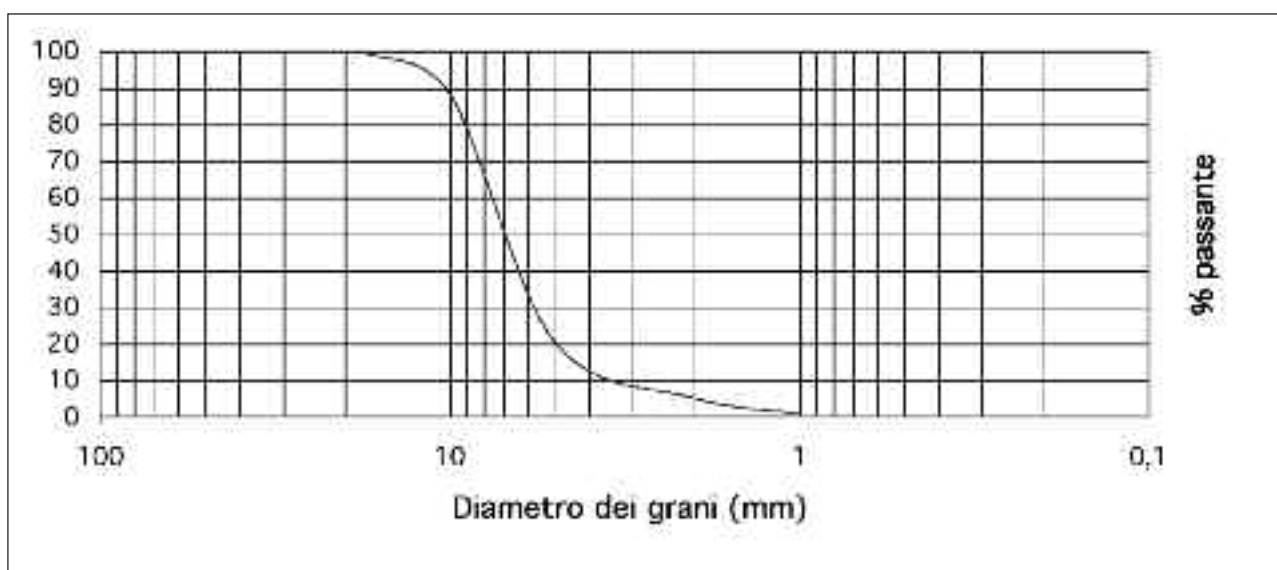
I dati ottenuti sono riportati in tab. 1:

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
mediana:	4,6 mm	8,5 mm	20,0
media	4,6 mm	9,1 mm	18,1
coefficiente di uniformità	2,17 (uniforme)	1,71 (uniforme)	1,49 (uniforme)
coefficiente di cernita di Trask:	1,25 (discret. classato)	1,45 (mediocr. classato)	1,49 (mediocr. classato)
coefficiente di cernita (Folk e Ward)	0,67 (discret. classato)	0,69 (discret. classato)	0,61 (discret. classato)

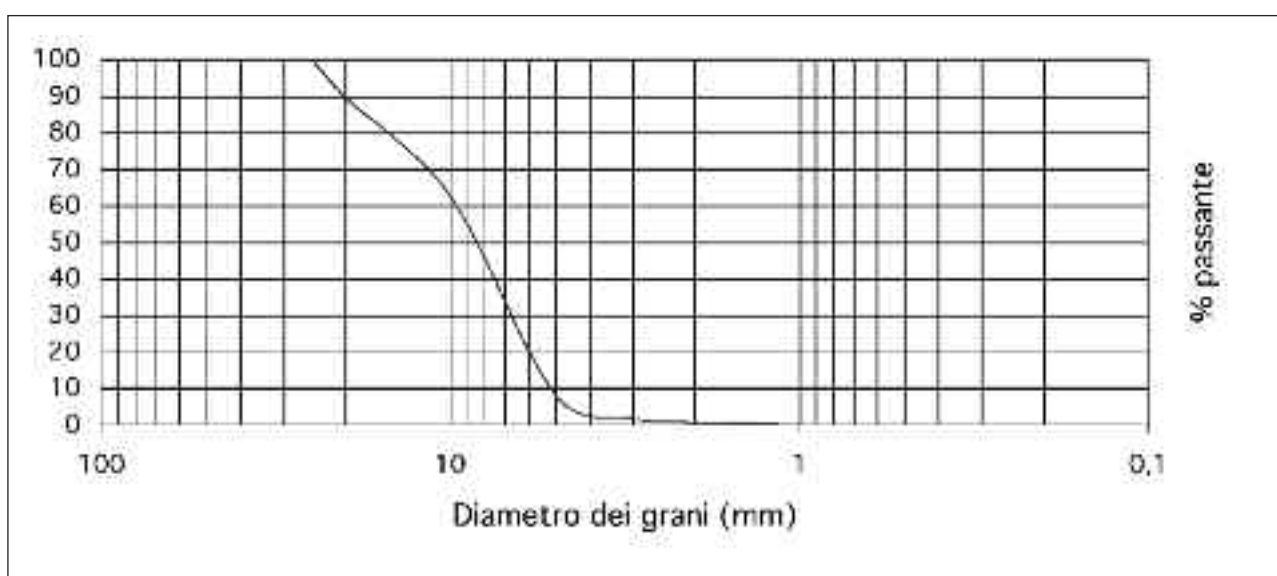
Tab. 1: caratteristiche granulometriche dei tre depositi di pisoliti.

Le dimensioni aumentano dal tipo 1 al tipo 3, inoltre, il sedimento è sempre uniforme e discretamente o mediocrementemente classato.

TIPO 1



TIPO 2



TIPO 3

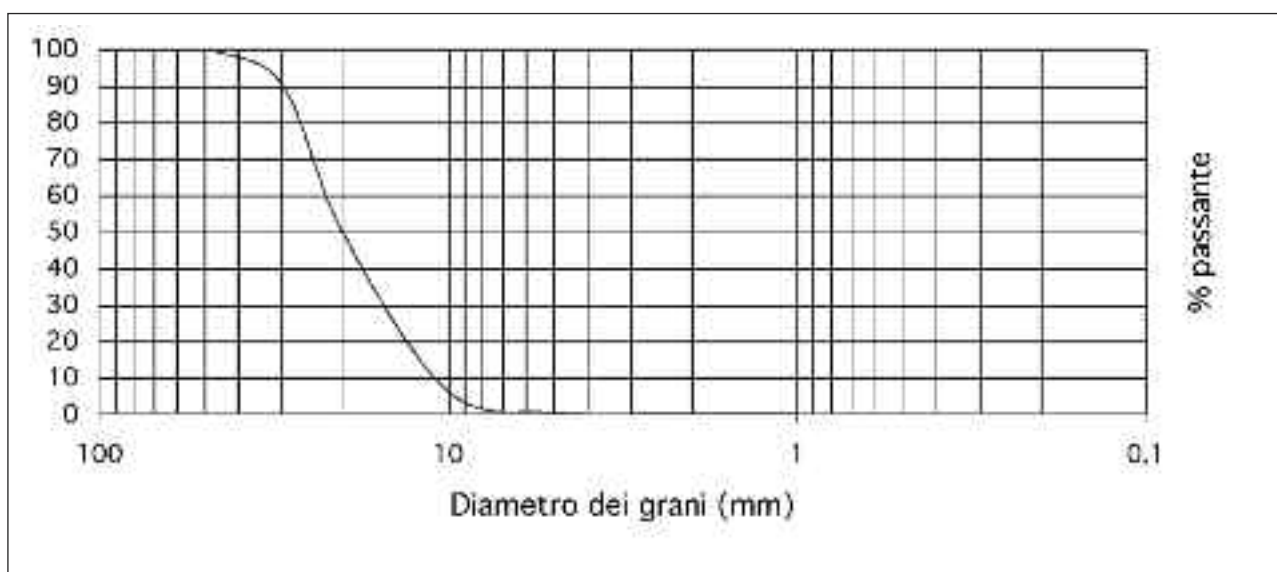


Fig. 6: curve granulometriche cumulative dei tre depositi di pisoliti.

Lo studio della forma è stato effettuato, poi, tramite la misura degli assi a , b , c delle singole pisoliti e mettendo i risultati nel diagramma ternario di Sneed e Folk.

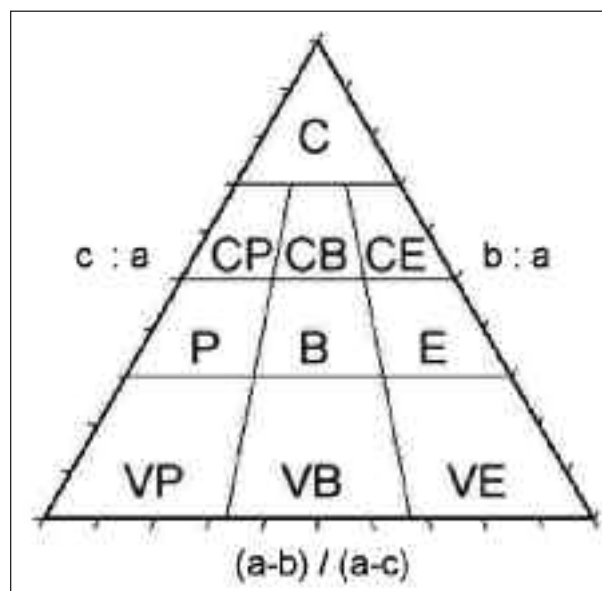


Fig 7: *diagramma di classificazione della forma di Sneed e Folk. C = compact (sferica) - CP = compact platy (sferica discoidale) - CB = compact bladed (sferica lamellare) - CE = compact elongated (sferica allungata) - P = platy (discoidale o appiattita) - B = bladed (lamellare) - E = elongated (allungata) - VP = very platy (molto appiattita) - VB = very bladed (molto lamellare) - VE = very elongate (molto allungata).*

I risultati ottenuti, come “distribuzioni percentuali” sono riassunti in tab. 2:

FORMA	TIPO 1 %	TIPO 2 %	TIPO 3 %
C	16	41	23
CP	21	11	14
CB	18	27	26
CE	2	16	18
P	9	0	5
B	18	0	7
E	9	5	7
VP	0	0	0
VB	5	0	0
VE	2	0	0

Tab. 2: *distribuzione percentuale delle classi di forma nei tre depositi.*

Le analisi indicano che le forme sferiche (C) e derivate (CP, CB, CE) sono le più frequenti. La sfericità maggiore si ha nel tipo 2, dove C è pari al 41 %.

La maggiore diversità di forme, invece, si ha nel tipo 1.

Come è stato detto in precedenza, lo sviluppo delle pisoliti è strettamente correlato all'energia dell'acqua, infatti, gli strati concentrici continuano a formarsi finché la concrezione può muoversi, anche con leggere vibrazioni. Se il loro peso aumenta oltre un certo limite, non si muovono più e si saldano al pavimento.

Per questo motivo si è ritenuto utile misurare il loro peso. I risultati sono riportati in tab. 3.

	Intervallo di pesi più frequenti (g)	Peso massimo (g)
Deposito 1	0,2 – 3,0	6,0
Deposito 2	1,0 – 7,2	29,5
Deposito 3	4,6 – 25,3	72,0

Tab. 3: *pesi delle pisoliti.*

E' interessante notare che per muovere – o almeno far vibrare - un elemento di 72 grammi (deposito 3) l'acqua deve avere un'energia non certo bassa.

4. OSSERVAZIONI AL MICROSCOPIO, STRUTTURA INTERNA E MINERALOGIA

Le analisi mineralogiche sono state effettuate tramite diffrazione a raggi X (metodo nelle polveri) nel Dipartimento di Geoscienze, Università di Trieste.

Tipo1 :

il nucleo è costituito spesso da un frammento di calcare nerastro (con tutta probabilità roccia del posto), talora subarrotondato e subordinatamente da piccoli grumi di sabbia calcarea cementata da calcite o da limo argilloso di colore grigio-verde chiaro.



Fig. 8: *struttura interna di due pisoliti del tipo 1. Nella superiore il nucleo è costituito da un grumo di limo argilloso e sabbia. Nella concrezione inferiore, invece, il nucleo è costituito da calcare nero.*

Il ricoprimento è dato da strati concentrici di calcite biancastra, microcristallina, per uno spessore generalmente di un paio di millimetri soltanto, anzi di solito lo spessore del ricoprimento è inferiore al diametro del nucleo. La superficie esterna è liscia.

L'analisi diffrattometrica ha dimostrato il minerale più abbondante, che costituisce queste pisoliti, è la calcite. Eventualmente solo nel nucleo si possono trovare anche i minerali delle argille.

La composizione di un fango calcareo che si trova assieme alle pisoliti, è stata così stimata: fillosilicati 56%, calcite 39%, quarzo 3%, gibbsite 2%.

Per potere caratterizzare meglio i fillosilicati, il campione è stato trattato con HCl allo scopo di eliminare tutta la calcite. Con sorpresa, si è visto che non sono costituiti dal solito "quartetto" che si trova nelle terre rosse del Carso (illite, clorite, caolinite, smectite) ma soltanto da illite.

La scoperta è stata interessante perché ora si pone un interrogativo sull'origine di questo materiale, argomento che richiede ulteriori indagini, che ora esulano da questo studio.

Tipo 2:

di solito il nucleo è costituito da un frammento carbonioso nero. Questo stesso materiale è abbondante anche nel fondo della vaschetta, al di sotto delle pisoliti. Subordinatamente il nucleo è formato da anche qualche frammento di concrezione calcitica. Le bande concentriche di accrescimento non sono bene evidenti ed i singoli cristalli sono visibili con una normale lente o apprezzabili già ad occhio nudo.

L'analisi diffrattometrica ha evidenziato la presenza di sola calcite.



Fig. 9: *struttura interna di due pisoliti del tipo 2. Il nucleo è costituito da un frammento di legno carbonizzato.*

Tipo 3:

Il nucleo è spesso costituito da frammenti appiattiti di calcite, però, in questo caso gli strati di rivestimento sono bene evidenti, submillimetrici e millimetrici e sono microcristallini. E' interessante sottolineare che alcuni sono neri a causa del contenuto carbonioso.

Inoltre, talvolta, in sezione, le bande di accrescimento hanno un andamento quasi rettangolare o ellittico.

Le pisoliti, comunque, si differenziano dalle precedenti anche perché sono più dure e più compatte. L'analisi diffrattometrica ha evidenziato solo la calcite, mentre la patina superficiale marrone è risultata costituita da abbondante calcite seguita da quarzo e fillosilicati.



Fig. 10: *struttura interna di pisoliti del tipo 3.*

5. FORME INTERMEDIE

Le nostre indagini hanno dimostrato, inoltre, che esistono pisoliti con caratteristiche morfologiche intermedie tra i tipi 2 e 3.



Fig. 11: *sezioni di pisoliti.*

Le dimensioni del nucleo, infatti, possono essere diverse e gli strati concentrici di rivestimento possono avere diversi gradi di regolarità, inoltre, la sostanza carboniosa può essere più o meno abbondante. Ad esempio, le pisoliti della prima fila (a, b, c, d) sono le più dure, con anelli di accrescimento abbastanza evidenti e scarsa sostanza carboniosa.

Al contrario, le pisoliti dell'ultima fila (i, l, m, n) sono meno dure, con bande di accrescimento meno regolari, cariate e con maggiore presenza di sostanza carboniosa.

La forma e la struttura interna dipendono molto anche dal livello dell'acqua, che può variare entro le due condizioni estreme, cioè dal completo riempimento della vaschetta al suo completo prosciugamento.

Queste oscillazioni possono avere influito, ad esempio, nelle pisoliti "e" ed "f", infatti, dopo una prima fase di rivestimenti concentrici, tipici della sommersione completa in acque sature, pare che si siano formati dei coralloidi nella superficie, esattamente come accade per il tipo 3 precedentemente descritto, quando si ha emersione parziale o totale. Poi, per un ritorno alle condizioni di sommersione totale, sopra la struttura coralloide si è depositato un altro strato calcitico di rivestimento. Sono state notate anche pisoliti con parete molto irregolare e carature, fenomeni dovuti con tutta probabilità ad alternanze di momenti incrostanti e corrosivi, per variazione degli equilibri chimici delle acque.

6. IPOTESI SULL'ORIGINE DEL MATERIALE CARBONIOSO

Poiché il materiale carbonioso nero ha condizionato lo sviluppo delle pisoliti dei depositi 2 e 3, ci si è posti l'interrogativo della sua origine.

Considerato che la grotta è di facile accesso e che è stata usata anche durante la prima guerra mondiale, è ovvio che si pensi subito a fuochi accesi più volte nell'interno. L'esperienza, però, ci insegna che in questi casi il fumo provoca l'annerimento delle pareti e della volta, cosa che qui non si nota. Inoltre sono stati trovati frustoli carboniosi del tutto simili a quelli presenti in certe vaschette, anche in altre parti della grotta e persino entro la terra rossa, al di sotto del crostone concrezionario del pavimento, il che indica che l'arrivo di questi materiali si è verificato in più riprese ed anche in tempi più antichi.

Vale la pena di aggiungere che – in qualche anfratto della galleria - sono stati osservati anche dei vecchi pezzi di legno, ma in questo caso stavano marcendo e non certo carbonizzando.

A nostro avviso, perciò, questi residui carbonizzati potrebbero rappresentare la testimonianza di qualche antico incendio, fatto non certo raro nelle superfici del Carso o, in seconda ipotesi, a fuochi accesi presso le imboccature. Il materiale carbonizzato, minuto e quindi leggero, potrebbe essere stato poi facilmente trasportato entro la grotta durante in periodi particolarmente piovosi, quando si hanno fenomeni di ruscellamento temporaneo in superficie. Nel caso della Grotta di Borianò ciò è facilitato dal fatto che essa si apre lungo un versante relativamente ripido.

Ovviamente queste sono solo delle ipotesi sulle quali, però, ci sembra che valga la pena indagare più a fondo.

Con lo scopo di approfondire le indagini è stata eseguita un'analisi al diffrattometro a raggi X della sostanza nerastra che si trova nel deposito 2. Si è ottenuto un grafico caratterizzato da riflessi molto poco pronunciati, il che significa che la maggior parte della sostanza è amorfa o quasi. I picchi più evidenti appartengono alla calcite, la cui presenza, però, è scarsa. Tra i rimanenti, invece, il più

chiaro è quello a 3,35 Å seguito da altri, molto ridotti a 2,13 – 2,02 – 1,68 Å. In questo caso, quattro soli riflessi, poco marcati, non sono certo sufficienti per classificare con sicurezza il materiale, comunque sono abbastanza simili a quelli della grafite (JCPDS 23-64), che è costituita appunto da carbonio.

Questi risultati sono compatibili con la composizione della cenere da legna.

7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La nostra ricerca ha permesso di trarre diverse conclusioni.

Innanzitutto si è dimostrato che il primo deposito, situato abbastanza vicino all'ingresso principale, ha un'origine ed una storia completamente diverse dagli altri che si trovano nella parte più interna della grotta.

Sembra che questo deposito sia dovuto ad un leggero scorrimento di acque, forse provenienti anche dall'attuale ingresso principale della grotta, ma l'energia deve essere stata piuttosto bassa perché si sono depositati pure limi argillosi. Le condizioni ambientali, inoltre, sono state sicuramente tranquille perché gli strati concentrici che ricoprono il nucleo sono microcristallini, compatti, poco diversificati, senza impurità, imperfezioni e cariatature.

Successivamente, con l'evoluzione delle condizioni ambientali, si sono verificati fenomeni di cementazione e ricoprimenti parziali da parte di calcite concrezionaria, dovuta allo stillicidio.

Non si esclude, però, che anche le pisoliti, o almeno una parte di esse, abbiano subito un trasporto. Del resto, la curva granulometrica (fig. 6), con le due "code", è tipica di un sedimento ghiaioso che è stato soggetto ad un trasporto.

L'origine di questo materiale è tuttora incerta, anche perché la composizione mineralogica del fango, costituito prevalentemente da calcite e illite, senza gli altri fillosilicati (clorite, caolinite, smectite) è diversa da quella delle terre rosse del Carso.

In ogni caso, si tratta di un deposito antico dove le pisoliti non sono più in formazione e accrescimento.

Nelle immediate vicinanze sono state osservate pisoliti simili, sempre entro qualche piccola depressione della roccia, ma in questo caso sono interessate dall'acqua di stillicidio, che è abbondante solo in periodi limitati.

I depositi più interni, invece, si trovano entro le vaschette e le pisoliti si formano e si evolvono tuttora.

Le loro caratteristiche sono strettamente dipendenti dal livello dell'acqua che può variare notevolmente, ossia le può sommergere del tutto, solo parzialmente o lasciarle completamente allo scoperto.

Ad esempio, nel terzo deposito, la presenza di diverse forme con una certa tendenza all'appiattimento e strutture coralloidi in superficie, sembra dovuta appunto a condizioni di sommersione parziale prevalente.

Ovviamente, anche le caratteristiche chimiche possono mutare, spesso in concomitanza alle variazioni di livello idrico, perciò le acque possono essere incrostanti, ma anche in equilibrio e talora aggressive. In definitiva, il grado di soprassaturazione influenza la struttura interna.

A questo proposito è importante ricordare che in diverse vaschette si sono verificati arrivi di materiale carbonioso estraneo. Questo materiale, assimilabile a cenere di legna, ha la caratteristica di

avere inizialmente un pH basico, perciò, il suo arrivo entro alcune vasche, come nel deposito 2, può aver provocato una rapida precipitazione del carbonato di calcio ed i frammenti carbonizzati hanno svolto la funzione di nucleo di aggregazione. Si sono formate così delle pisoliti che si sono accresciute più rapidamente delle altre. Ciò spiega la minore evidenza delle bande di accrescimento, le maggiori dimensioni dei cristalli e la maggiore frequenza di forme sferiche.

Dove, invece, il materiale carbonioso è arrivato in maniera più scarsa, è stato inglobato solo parzialmente negli strati di accrescimento, come nel terzo deposito.

In conclusione, le variazioni di livello dell'acqua, le variazioni chimiche e l'arrivo di materiale estraneo ha dato luogo a vari momenti di sviluppo delle pisoliti: accrescimento normale, accrescimento parziale, sviluppo di strutture coralloidi, fenomeni di corrosione, ecc. Le pisoliti che noi oggi troviamo sono quindi il risultato della sommatoria di tutti questi processi.

La loro forma e soprattutto la loro struttura interna, perciò, rappresentano la "memoria" degli avvenimenti passati, come accade, per fare un paragone, con gli anelli di accrescimento dei tronchi degli alberi.

Ringraziamenti:

l'autore ringrazia il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Trieste per aver permesso l'effettuazione delle analisi diffrattometriche ed Elisabetta Predebon per la collaborazione nelle ricerche in grotta.

BIBLIOGRAFIA

- CANCIAN D., STOCKER U. (2012): *La Grotta di Boriano 125/135 VG nel Carso Triestino: alcune caratteristiche fisiche e chimiche delle acque contenute nelle "concrezioni a vasca" (gours)*. Studi e Ricerche, Soc. di St. Carsici Lindner, Ronchi dei Legionari.
- HILL C., FORTI P. (1997): *Pearls Cave*. In: *Cave minerals of the world*, pp. 84-86, Nat. Spel. Society, Untsville, USA.
- PREDEBON E. (2012): *La Grotta di Boriano*. Studi e Ricerche, Soc. di St. Carsici Lindner, Ronchi dei Legionari.

Elisabetta Predebon*

LA GROTTA DI BORIANO (GROTTA DELL'ACQUA) 125/135 VG NEL CARSO TRIESTINO

Riassunto:

La grotta di Borianò o Grotta dell'Acqua si apre nel Carso Triestino ed è lunga 188 m. La prima parte è caratterizzata da massi di crollo mentre nella parte più interna si riscontrano abbondanti concrezioni. Sono presenti anche diversi bacini (gours) spesso pieni d'acqua.

In questo studio sono stati trattati i seguenti argomenti: dati catastali ed itinerario, storia, geologia, descrizione morfologica, mineralogia, microclima e speleobiologia.

Alcuni dati introduttivi sono stati ricavati dalla bibliografia esistente, ma diversi altri sono il risultato di nostre ricerche e scoperte.

Abstract:

The "Grotta di Borianò" (Borianò Cave or Water's Cave) develops in the Karst of Trieste and it is long 188 ms. The first part is characterized by rocks of collapse while in the most inside part abundant concretions are found. There are also different small cave pools (gours) often floods of water. In this study the following matters have been treated: cadastral data and itinerary, history, geology, morphological description, mineralogy, microclimate and speleobiology.

Some introductory data have been drawn by the existing bibliography, but several others are the result of our researches and discoveries.

(*) Gruppo Speleologico Sacile, Via Ronche 51, 33077 Sacile (Pn)

1. DATI CATASTALI ED ITINERARIO PER RAGGIUNGERE LA GROTTA

La denominazione principale di questa grotta è “Grotta di Borianò “ ma possiede altri nomi quali Grotta dell’Acqua – Jama Vodnica – Grotta dei Partigiani. Si trova nell’area geografica del Carso Triestino, in Provincia di Trieste nel Comune di Duino-Aurisina, ed il numero di Catasto è 125/135 VG.

E’ situata sul fianco settentrionale di un colle alto 311 m. che si innalza immediatamente a Nord-Ovest del Monte San Leonardo e possiede due ingressi ad una quota altimetrica di 248,6 m.

L’ingresso principale è localizzato alle coordinate:

Latitudine Gauss-Boaga	5069355.5
Longitudine Gauss-Boaga	2420427.8
Lat. WGS-84 (sessagesimale)	45°46’13,3494” (45.77037482)
Lon. WGS-84 (sessagesimale)	13°43’9,421” (13.71928361)

Il secondo ingresso, non più ostruito come riportato dal Catasto Grotte, è del tipo a pozzo, profondo 7,5 m. e si trova a qualche decina di metri di distanza, lungo il sentiero.

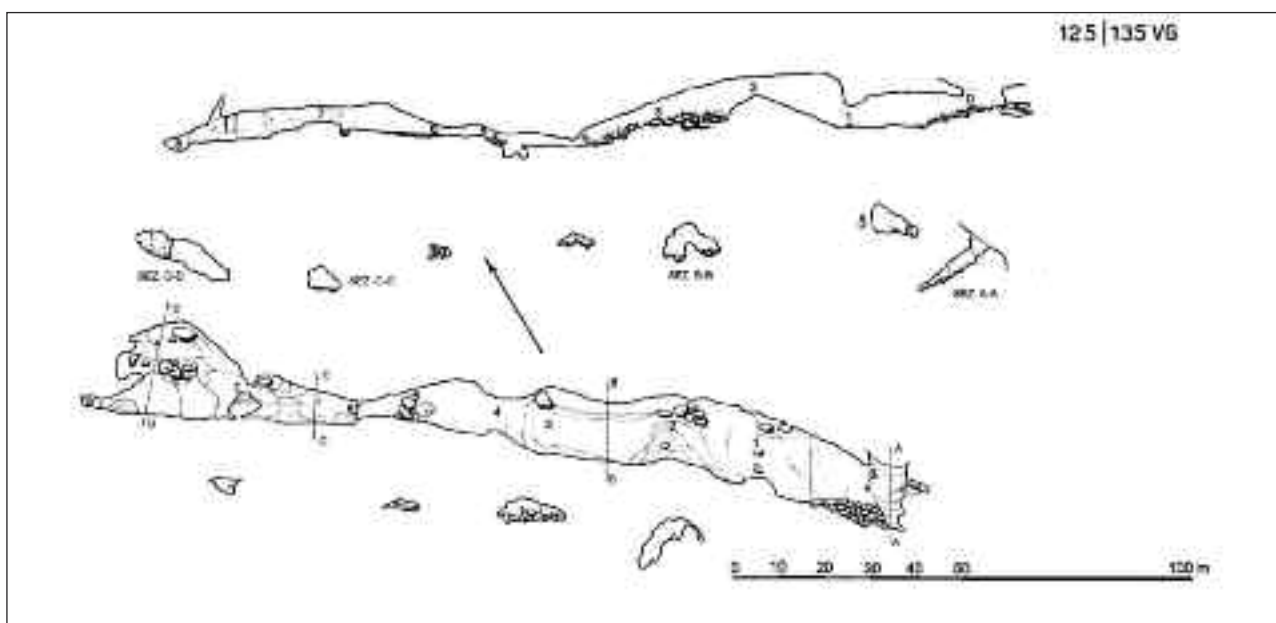


Fig. 1: rilievo topografico della grotta.

La cavità presenta uno sviluppo planimetrico di 188 m. raggiungendo un dislivello negativo (profondità) di 23,5 m. ed una quota di fondo a 225,1 m.

Per raggiungere la grotta, da Aurisina si prende la strada per San Pelagio e quindi quella per Ternova Piccola. Giunti in questa località, si percorre la via principale fino ad arrivare ad un’abitazione privata posta sulla sinistra dove termina la strada asfaltata e si apre la biforcazione di due carrarecce.

Si lascia l'auto nel piccolo posteggio e si prosegue a piedi prendendo la carrareccia di sx, poi si segue il sentiero n° 10 che porta alla Grotta di Ternovizza, evidenziato da un quadrato colorato d'arancione e cerchio bianco centrale disegnato su di un sasso. Proprio davanti l'ingresso di quest'ultima, un piccolo sentiero battuto dal passaggio, scende a sx abbandonando quello principale. Lo si percorre mantenendo la dx alla successiva biforcazione. Dopo una dolina a fondo piano che rimane sulla sx si comincia a salire passando attraverso una vegetazione tipicamente carsica fino a raggiungere un boschetto caratterizzato da carpino nero, castagno, rovere, nocciolo, ecc. e da muretti di pietre.

Ad un certo punto del cammino e quasi giunti alla sommità del colle si può osservare sulla sx una curiosa disposizione di pietre disposte a cerchio.

Proseguendo, il sentiero si confonde con la bassa vegetazione e con i tronchi secchi riversativi sopra e bisogna far attenzione a non perderlo di vista. Raggiunta la cima della collina si scende verso Nord seguendo dei segni rossi contrassegnati sugli alberi. Mano a mano si notano sempre più spuntoni calcarei affioranti e la nostra discesa termina in corrispondenza di un sentiero ben segnato che delimita il confine Italia/Slovenia e passa parallelo all'ampia valle che si apre davanti a noi: il Solco di Brestovizza.

Alla nostra sx ecco l'ingresso principale della Grotta di Borianò ricoperto da edere, rovi, muschio, arbusti e contraddistinto da dei massi e da piani di strato. L'ingresso non è agevolissimo, infatti, è in discesa e sdruciolevole ma affrontabile facilmente usando prudenza.

2. NOTE STORICHE

Questa grotta è nota da lungo tempo agli abitanti di Borianò (Brje pri komnu) ed il nome indigeno, Jama Vodnica, suggerisce che vi si recassero nei periodi di siccità ad attingere l'acqua copiosa delle vaschette alimentate da un costante stillicidio e da modeste infiltrazioni.

Il primo documento scritto sulla grotta risale al 1887 quando Karl Moser effettuò uno scavo, ma con scarsi risultati (Marini 2011). Fu visitata anche dalla Società Alpina delle Giulie l'8 settembre 1898 e un anno dopo, Giuseppe Silliani effettuò il rilievo, come testimoniano anche sigle e date tracciate in quell'occasione e rimaste visibili per lungo tempo nell'ultima sala.

Di seguito riportiamo la descrizione dello stesso, presente nel "Duemila Grotte " (Bertarelli, Boegan 1926).

"Nel calcare bituminoso (eocene inferiore), si apre un foro oblungho, largo 6 m. ed alto 3, mascherato da fitti cespugli. Superato questo primo ostacolo, s'incontra un piano, inclinato c. 30°, di pietre di sfasciume. Fino dove arriva la luce, il rovo, l'edera, la felce ed il musco comune coprono la roccia. Ora lasciando a sinistra un gruppo di tozze colonne, tappezzate da folto muschio, si scende la china suaccennata per 18 m., e dopo aver disceso un gradino di 2 m., si giunge su suolo vario, ineguale ma a base piana, per un percorso di 28 m. Qui l'oscurità è interrotta per un momento da una tenuissima luce proveniente da un camino angusto.

Da questo punto la grotta si presenta di una estrema orridezza: il suolo è ingombro di grossi macigni, accavallati gli uni sugli altri, continuando così per 29 m., tanto i massi che le pareti sono coperti da una melma nerissima che li rende lubrifici e malsicuri; non si scorge nemmeno la più piccola concrezione e le pareti hanno una colorazione nera, propria di quasi tutti gli antri che giacciono nell'eocene inferiore. Lo stesso fenomeno si riscontra nella grotta delle Torri presso l'Equile Lipizzano e nella grotta di Bac sull'altipiano di San Lorenzo, le quali appunto si aprono nel calcare bituminoso. S'incontra poi un'altra discesa di 17 m., con pendenza di circa 40°, ai piedi della quale trovansi due colonne giallo-rossastre.

Alcuni m. dopo queste, quasi nel mezzo della grotta, scorgesi l'orifizio circolare di un pozzo profondo 3 m., largo più di 4, dal cui fondo emerge una stalammite a forma di sfera levigata e geometricamente regolare, del diametro di m. 1.5, la quale, anziché fissa, sembra essere stata piuttosto deposta ove giace. Dalle due colonne sopra indicate, il suolo, fattosi di nuovo piano, è tutto concrezionato a linee capricciosamente irregolari, fra le quali trovansi alcuni bacinetti d'acqua della temperatura di 11°.

La grotta, sino a questo punto, è una galleria variante in larghezza dai 5 ai 15 m., con altezza massima di 10 e minima di 1.5; dove essa propriamente si allarga, è nella sua ultima parte, la sola che offra interesse per le sue formazioni. L'occhio, stanco di vedere continuamente pareti brulle e nere, trova almeno dove posarsi, poiché al primo entrarvi si scorge subito una stalammite sorgere dal bel mezzo della sala, e più avanti un pilastro gigantesco che sembra sostenere la volta; nella penombra poi una fuga di colonne minori bianco giallicce, poste lungo le pareti e spiccanti sopra lo sfondo rosso oscuro. Con questa camera, larga 22 m. su 43 di lunghezza, raggiungente la massima altezza di 9 m., la grotta finisce.

Oltre piccioni e pipistrelli si sono trovate tre sole specie di artropodi: Titanethes albus, Niphargus puteanus e Asellus cavaticus”.

Durante la Prima Guerra Mondiale gli austriaci la usarono probabilmente per lo stesso motivo degli abitanti dei paesi vicini, considerando pure la possibilità di adattarla a ricovero militare come la non lontana Grotta di Ternovizza. Testimonianze di questa presenza militare potrebbero essere rappresentate dalle incisioni non sempre chiare che si notano su una delle tozze colonne che s'incontrano sulla sx scendendo, prima “del piano inclinato di pietre di sfasciume”.



Fig. 2: l'ingresso principale.

Come già prima accennato, l'ingresso della grotta è posizionato lungo il confine di Stato, ma dopo le ultime vicende belliche e post-belliche si riteneva potesse appartenere al territorio jugoslavo e solo nel 1959 venne accertato che in realtà era, seppur di pochi metri, in territorio italiano.

L'accedervi però richiese molta attenzione e per non valicare la linea di confine era necessario scendere per una scarpata laterale, mantenendosi al di qua del paletto di confine.

A questo proposito ci sembra interessante riportare la testimonianza di Dario Marini (2009), riportata nel volume *“Il sentiero militare Abramo Schmidt”*:

“Chi attraversa oggi senza alcuna formalità i dismessi valichi sulla frontiera della Slovenia non può immaginare che per quasi mezzo secolo essa ha costituito una temuta barriera per coloro che vivevano qui, anche se nessun ostacolo fisico impediva di valicare la linea invisibile che correva da un cippo all'altro. Solo su qualche stradina secondaria una sbarra o un reticolato avvertivano che da lì non si doveva andare avanti.

La separazione tra le zone occupate militarmente alla fine della guerra era stata definita e ratificata il 20 giugno 1945 nell' incontro avvenuto nel Castello di Duino tra la delegazione anglo-americana e quella jugoslava; a preparare le mappe usate nell' occasione era stato un colonnello inglese, per cui fu chiamata “Linea Morgan” quella della nuova frontiera, la quale di fatto veniva a segnare il limite tra il mondo occidentale e quello comunista, dove la libertà di movimento era limitata e l'espatrio problematico.” ...

Ed ancora:

“... La vigilanza era svolta di giorno dai graniciari e la notte da soldati di leva, la cui ferma durava tre anni, i quali si muovevano nei due sensi lungo un sentiero tracciato alla minima distanza dai cippi consentita dal tipo di terreno. La rasura di una fascia di vegetazione larga circa 50 m. consentiva d'individuare da lontano chiunque si fosse avvicinato alla frontiera. Le pattuglie s'incrociavano in punti ben determinati e l'intervallo dei passaggi era calcolato in relazione alla probabilità di sconfinamenti, che variava molto da una zona all'altra. I militi avevano la più ampia discrezionalità sui metodi di cattura dei clandestini, nei quali la loro incolumità non era tenuta in alcun conto: se il fuggiasco non si fermava all' intimidazione “stoj” (alt) si potevano usare le armi, quali che ne fossero le conseguenze, una sorta di licenza alla 007. Una volta mi sono salvato grazie ad un amico che conosceva il serbo-croato, il quale capì che il graduato aveva dato al subalterno l'ordine di spararci, allorché, stufo dell' inutile trattativa, facemmo il gesto di andarcene. Si era usciti dalla Vodnica jama (n° 135 VG), stando attenti a non aggirare il palo di confine davanti all'imbocco, ma i graniciari che ci avevano visti entrare ci stavano aspettando, invitandoci a fare qualche passo avanti. Qualcun altro che se la diede a gambe sentì le pallottole conficcarsi nei tronchi dei pini del ripido versante ed altri per non rischiare preferirono farsi catturare, pur trovandosi in territorio italiano. Era risaputo che i miliziani ricevevano un premio – di solito una licenza – per ogni arresto e quindi a volte si spingevano al di là del confine: nel 1955 una coppia di graniciari con cane lupo si presentò all'ingresso della Grotta di Ternovizza, distante 500 m. dalla Jugoslavia, ma noi eravamo in troppi e se ne andarono delusi”.

3. ASPETTI GEOLOGICI

La grotta si apre nel versante meridionale del “solco di Brestovizza” che, secondo diversi autori, potrebbe essere un antico percorso del Timavo (D'Ambrosi 1971). Con tutta probabilità, si tratta dunque di un inghiottitoio geneticamente legato all'antico sistema idrico della valle. L'ingresso principale, però, non è quello originario, infatti, si tratta di un crollo formatosi in epoca successiva.

Qui, lungo il confine italo-sloveno affiorano i litotipi più antichi della sequenza carbonatica del Carso Triestino, attribuiti al Cretacico inferiore partim (Aptiano - Albiano) e più precisamente al *Membro di Monte Coste* (Cucchi et al. 1987).

Si faccia attenzione perché la collocazione nell'Eocene, fatta da Silliani e citata nel capitolo precedente non è esatta.

In genere si tratta di calcari da grigio scuri a nerastri, compatti, talvolta bituminosi, bene stratificati. Sono presenti anche brecce monogeniche mentre le intercalazioni dolomitiche si trovano soprattutto nella parte inferiore.

Il suo spessore varia dai 300 ai 370 metri.

Nella superficie circostante la morfologia prevalente è “a denti” ed a “strati e blocchi” corrispondente alle classi di carsificabilità 3 e 4 (Forti 1996).

Attorno all'ingresso gli strati sono calcarei, con spessore decimetrico e metrico e sono immersi verso SSO con inclinazioni attorno ai 32° - 35°.

L'analisi statistica delle fratture ha dato i seguenti risultati:

A-A	<i>immers. 215°, inclinaz. 65°</i>	<i>nettamente prevalente</i>
B- B	<i>direz. 25° - 205° verticale</i>	<i>principale</i>
C- C	<i>direz. 35° - 215° verticale</i>	<i>principale</i>
D - D	<i>immers. 25°, inclinaz. 47°</i>	<i>secondaria</i>
E - E	<i>immers. 25°, inclinaz. 80°</i>	<i>secondaria</i>
s-s	<i>immers. 215°, inclinaz. 35°</i>	<i>giacitura strati</i>

Tab. 1: *principali famiglie di discontinuità della roccia.*

E' interessante osservare che la grotta si sviluppa proprio secondo le direzioni delle fratture A-A, D-D, E-E anzi, nel primo tratto della caverna, nella parete sinistra (con le spalle rivolte verso l'ingresso) si nota un ampio piano con la stessa giacitura della discontinuità A-A. Probabilmente si tratta di una faglia, però sarebbero opportune indagini più approfondite perché non si riesce a distinguere con sicurezza in superficie.

Gli ampi crolli che caratterizzano la prima parte della caverna, invece, sono dovuti al distacco di strati e di prismi di roccia formati dall'incrocio delle fratture individuate in fig. 3.

La qualità della roccia, infine, è stata determinata tramite un apposito sclerometro (tipo L) negli affioramenti presso l'ingresso ed è risultata molto buona.

I risultati sono riportati in tabella:

numero misure (N)	10
Media valori di rimbalzo (R)	46,4
Deviaz. Standard	6,50
JCS (MPa)	106

Tab. 2: risultati delle prove con lo sclerometro da roccia.

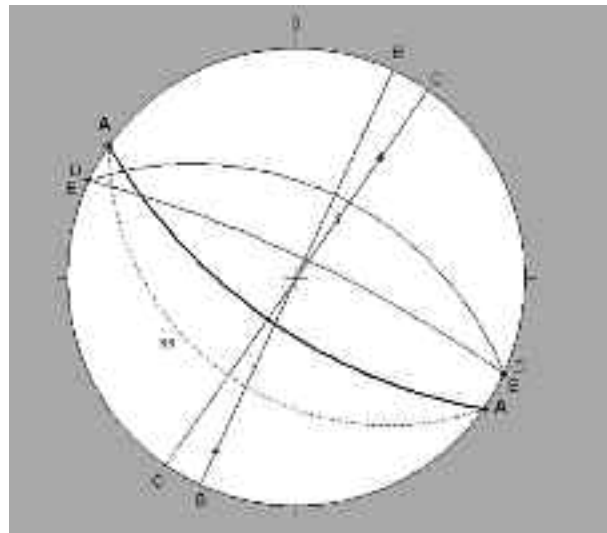


Fig. 3: disposizione spaziale delle fratture e della giacitura degli strati (metodo dei grandi cerchi, emisfero inferiore).



Fig. 4: il grande piano di discontinuità A-A (a destra) che caratterizza il primo tratto della grotta e un grande masso di crollo (a sinistra).

Per quanto riguarda i depositi di riempimento, la grotta può essere distinta in due parti. La prima va dall'ingresso principale fino al largo pozzetto ed è caratterizzata dalla prevalenza dei depositi clastici, mentre la seconda è caratterizzata da depositi concrezionari di calcite che hanno dato luogo a morfologie diverse: vasche sul pavimento, stalattiti, stalagmiti, colonne, colate, ecc. Al termine della grotta, uno scavo permette di vedere che sotto il crostone calcitico del pavimento si trova un deposito di "terra rossa" con frammenti di roccia e di concrezioni.

Non sono state trovate, invece, le "sabbie siltose gialle" che spesso si rinvencono nei tratti terminali delle cavità a sviluppo sub orizzontale del Carso Triestino (Andreolotti 1965, Forti 1893, Cancian 2001).

Si ritiene importante segnalare, poi, che lungo tutto lo sviluppo della galleria, sono state osservate alcune concrezioni, generalmente di tipo colonnare, spezzate, con reciproco spostamento dei due monconi da alcuni millimetri a due centimetri. Ciò potrebbe essere dovuto a normali "assestamenti" ma non si può escludere che si tratti anche di indizi di neotettonica.

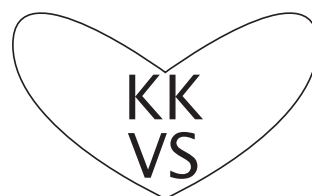
4. DESCRIZIONE GEOMORFOLOGICA

La grotta non si dirige verso l'interno dei rilievi ma parallelamente alla valle e l'ingresso attuale è dovuto, molto probabilmente, ad un crollo di volta. Si notano subito, infatti, colonne, stalattiti, stalagmiti, tutte di aspetto senile e parzialmente decalcificate in superficie. Sulla prima colonna che s'incontra scendendo sulla sx si notano scritte di non facile comprensione.

Potrebbero essere:

"Fraulher
NiAama "
1917
P

1.6.17



Un soldato austro-ungarico innamorato lascia incise all'interno del cuore tracciato sulla roccia della colonna, le iniziali sue e del suo amore??? Chissà...

E poi segni non bene decifrabili:

" 1933 10 1 . XI



Fig. 5: iscrizioni all'ingresso della grotta.

Si prosegue poi lungo un piano inclinato caratterizzato da pietrisco calcareo di dimensioni centimetriche e decimetriche e solo a volte superiori al metro.

Si fa presente che d'ora in avanti, si useranno i termini destra e sinistra con riferimento ad un visitatore che percorre la grotta dall'ingresso verso il fondo.

La prima nota di riguardo che balza immediatamente all'occhio è la discrasia delle due pareti della cavità, infatti, sul lato sx si nota un grande piano inclinato di roccia, mentre il lato dx è concrezionato. Si tratta di un fenomeno di "concrezionamento asimmetrico" dovuto alla diversa disposizione degli strati sulle due pareti, fenomeno descritto anche da Forti (1969), anzi, per questo motivo, lungo tutta la grotta il lato dx presenta una maggiore abbondanza di concrezioni rispetto al lato opposto. Di solito questo primo tratto di grotta viene percorso un po' in fretta perché la parte più bella si trova nel tratto finale. In realtà, dal punto di vista scientifico, anche qui ci sono degli aspetti interessanti. Ad esempio, ad un'attenta osservazione, sul lato sx, al di sotto del grande piano inclinato di roccia, si trovano piccoli vani, per ora non accessibili causa le ridotte dimensioni, con stalattiti e riempimenti clastici, il che indica che una volta, questa porzione di grotta, poteva avere dimensioni più ampie. Inoltre, sopra i massi, si trova qualche vaschetta di aspetto senile, con bordi anneriti e piena di terriccio e di detriti calcarei. Ciò significa che in passato le vaschette attive c'erano anche qui. Altre indagini, invece, hanno portato al ritrovamento di piccole pisoliti libere o inglobate in piccoli depositi terrosi e talora cementati da calcite.

Uno studio sulle pisoliti della grotta è riportato in questo volume (G. Cancian 2012).

Dopo la prima discesa, il suolo diventa quasi orizzontale ma è sempre coperto da detriti calcarei.

Sul lato sx c'è un "buco" dal diametro di 1,5 m e profondo 60 cm. Qui è stata notata la seguente stratigrafia, dall'alto in basso, molto utile per lo studio del deposito di riempimento della caverna:

- a) circa 8 cm di crostello calcitico;
- b) circa 10 cm di alternanze di incrostazioni calcitiche e terra rossa;
- c) terra rossa con qualche raro resto di frustoli carboniosi neri.

Poco più avanti, sulla dx, si apre un camino che porta all'esterno e da cui entra una tenue luce a rischiarare "il buio".

Il suolo sale ed è ricoperto di sassi e grandi massi; di uno ne abbiamo preso le dimensioni: 1,20 m x 1,50 m x 3,30 m. Alcuni blocchi presentano concrezioni sulla sommità. Anche la volta è concrezionata ed illuminata dalla luce proveniente dal camino.

Si prosegue ancora tra concrezioni sulla sx e massi di crollo sulla dx.

Una concrezione a cascata con riflessi chiaro-scuri bluastri d'effetto, scende poco più avanti sulla dx mentre una simile ma più chiara si apre a colata a sx. Sotto la bordura si nota una colorazione giallastra di origine organica (forse licheni).

Proseguendo, il suolo è sempre ingombro di massi di dimensioni metriche.

Più avanti la parete dx della grotta è formata da un piano di strato. I massi sul pavimento, invece, sono dovuti al distacco di strati dalla volta. Ora si comincia ad andare in discesa sempre su massi di crollo e la stratificazione della roccia è sempre ben visibile, con immersione verso SO.

Dall'ingresso siamo scesi di 20 m ma alla fine della discesa la grotta cambia completamente: la volta si abbassa, il suolo è concrezionato e si trovano le prime vaschette d'acqua. In definitiva, d'ora in avanti la morfologia è data soprattutto dalle "concrezioni da flusso" e da colonne, stalattiti e stalagmiti.

Da qui si arriva nel punto più profondo, caratterizzato da un largo "sprofondamento", simile ad una marmitta, di circa 5 m x 3 m e profondo ~ 3 m, generalmente con acqua sul fondo. Al momento di una nostra visita (1° giugno 2011) la profondità dell'acqua era di ~ 60 cm ma nelle visite successive (29 giugno e 5 agosto 2011) l'acqua era assente, nonostante la seconda metà del mese di luglio sia stata caratterizzata da una certa piovosità.

In una vaschetta lì vicina è stato notato uno straterello di sostanza carboniosa nera sotto un deposito di pisoliti dalla superficie ruvida. Qui, inoltre, i bordi delle vaschette ed il crostone calcitico del pavimento presentano in superficie una colorazione sul grigio e grigio scuro, dovuta con tutta probabilità all'arrivo delle sostanze carboniose.



Fig. 6: sostanza carboniosa nera e pisoliti.

In un piccolo tratto della volta sopra il pozzo ed al suo lato, invece, si notano delle “vermicolazioni argillose”.

Dopo lo “sprofondamento”, l’ipogeo ha un restringimento e presenta in un punto un’altezza di circa 2,50 m. ed inoltre iniziano ad essere presenti numerose vaschette (gours). Si ritiene importante sottolineare che durante le diverse visite che noi abbiamo effettuato nel corso del 2011, talvolta le vaschette erano piene d’acqua limpida, altre volte solo parzialmente ed altre volte ancora erano asciutte. Il 17 aprile tramite strumentazioni della Hanna Instruments e kits di analisi sono state determinate sul posto alcune caratteristiche chimiche dell’acqua di una vaschetta. In quel momento il livello era basso, perciò sono avvenuti sicuramente fenomeni di evaporazione, con precipitazione parziale del bicarbonato di calcio e riduzione della concentrazione di anidride carbonica. Successivamente, il 1° giugno sono state effettuate le stesse analisi anche nell’acqua del largo pozzo.

	vaschetta	pozzo
Data	<i>17 aprile 2011</i>	<i>1 giugno 2011</i>
Temperatura acqua	8,0	8,1
Conducibilità	<i>216 $\mu S/cm$</i>	<i>294 $\mu S/cm$</i>
Durezza carbonatica KH	<i>5,5 °D</i>	<i>7,5</i>
Durezza totale GH	<i>7,5 °D</i>	<i>8,5</i>
Anidride carbonica CO ₂	<i>4,0 mg</i>	<i>11,0 mg</i>
pH	7,6	7,3

Tab. 3: *alcune caratteristiche chimiche dell’acqua di una vaschetta e del pozzo.*

Uno studio più completo sulle caratteristiche fisiche e chimiche delle acque delle vaschette è riportato in questo volume (D. Cancian e U. Stocker 2012).

Per proseguire la visita della grotta è necessario seguire un passaggio un po’ impervio, dove bisogna prestare un po’ di attenzione, anche se agevolato da gradini di ferro.

Oltrepassato questo punto, si arriva in una saletta larga 8,80 m dove, durante certi periodi piovosi, si raccoglie una buona quantità d’acqua ed il suo livello s’intuisce dai segni lasciati sulle pareti e su una colonna dall’aspetto armonico che padroneggia regalmente separando centralmente lo spazio. Durante tutte le nostre visite qui c’era anche un lungo tubo flessibile rosso, posizionato probabilmente per drenare l’acqua e facilitare il passaggio. Si tratta, purtroppo, di un intervento artificiale che altera i naturali equilibri idrochimici e che, col tempo, porta a modificazioni ambientali.

Proseguendo oltre, la grotta si amplia ed aumenta il fenomeno del concrezionamento, inoltre, il pavimento è ricoperto da un crostone calcitico. La sua ridotta permeabilità, la sua scarsa pendenza e le sue irregolarità hanno facilitato la formazione di parecchie “concrezioni a vasca” (gours).

Più avanti, il pavimento è caratterizzato anche da un gradino di circa 50 cm, trasversale all'asse della caverna, forse dovuto ad una frattura della roccia, ma non è possibile fare ulteriori indagini a causa del ricoprimento concrezionario calcitico che riveste sia il pavimento stesso sia le pareti.



Fig. 7: concrezioni nel tratto più interno della grotta. (Foto Andrea Colus)

Dirigendosi verso il fondo dell'ipogeo, l'ambiente si presenta ancora più vasto e la parete dx, ricca di colonne e di stalagmiti di notevole bellezza, sembra quasi voler esplodere come fosse alla conclusione di un gioco pirotecnico.

Nel lato sx della sala finale si nota anche un cumulo di argilla dovuto ad un ampio scavo, che si ritiene essere stato eseguito ancora durante la prima guerra mondiale per trovare un proseguimento. Su una parete sopra il pozzo è ben visibile la scritta GSM.

Durante le nostre indagini siamo scesi dentro lo scavo e si è notato che è tutto approfondito entro un deposito argilloso bruno-rossastro (terra rossa) inglobante frammenti calcarei di dimensioni centimetriche e decimetriche, alcuni duri ed altri friabili ed in fase di dissoluzione.

Sul soffitto, invece, sono da segnalare alcune eversioni che testimoniano una passata ed intensa attività idrica.

Anche in questa sala finale, come in altre parti della grotta, si notano concrezioni colonnari fratturate con lievi spostamenti reciproci delle parti, che forse potrebbero essere interpretati come indizi di neotettonica.



Fig. 8: *fratture nelle concrezioni con dislocamento delle parti.*



Fig. 9: *una vasca con acqua nella parte più interna della grotta.*

5. ANALISI MINERALOGICHE

Tramite le tecniche della diffrazione a raggi x sono stati analizzati quattro campioni:

- Patina nerastra sopra un'incrostazione calcitica nel pavimento presso il pozzo (punto più profondo della grotta);
- Piccole stalattiti nel "buco" di 60 cm dopo la prima discesa (citato nel capitolo precedente);
- Materiale di riempimento di una vaschetta nel tratto iniziale della grotta;
- Terra rossa nello scavo al termine della grotta.

Le analisi sono state effettuate dal Dr. Graziano Cancian nel Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Trieste.

Nel primo campione è stata trovata l'associazione: *calcite* abbondante+ *brushite* subordinata.

La brushite è un fosfato di calcio - CaHPO_4 – che si forma in ambiente leggermente acido e la cui origine in grotta è spesso legata alla decomposizione del guano dei pipistrelli o di altra sostanza organica (Cancian 1996). Poiché i diffrattogrammi della brushite e del gesso sono simili, la presenza dello ione fosfato è stata accertata anche per via chimica.

Nella piccola depressione dopo la prima discesa, invece, è stata notata qualche piccola e tozza stalattite di pochi cm, al di sotto del crostone stalagmitico che ricopre il pavimento. La nostra curiosità era stata attratta perché la superficie di queste concrezioni presentava diversi punti fluorescenti sul verde se esposte alla luce UV. Le analisi diffrattometriche, però, hanno dimostrato la sola presenza di calcite, mentre la patina che in parte ricopre le stalattiti è formata dai soliti minerali delle argille (*quarzo* e *fillosilicati*) con scarsa *gibbsite* - $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Sempre nella prima parte della grotta è stato esaminato anche il materiale di riempimento di una vaschetta fossile. Si tratta di un limo sabbioso-argilloso, in certi punti cementato da calcite, contenente piccole pisoliti, meglio descritte in un altro articolo riportato in questo volume (G. Cancian 2012).

Tutto questo materiale è stato trattato con HCl allo scopo di eliminare la calcite, poi si è esaminato il residuo insolubile. Si è ottenuta così una sabbia limosa di colore grigio e grigio leggermente verdognolo che diventa marrone col riscaldamento.

Con una certa sorpresa, si è visto che è composta quasi esclusivamente da *illite* con poco *quarzo* e assenza degli altri tre fillosilicati che normalmente si trovano nelle terre rosse del Carso (clorite, caolinite, smectite). Il rapporto dei riflessi (002)/(001) dell'*illite* - tra 0,33 e 0,44 - indica che la composizione è del tipo "phengite" e "muscovite" secondo il diagramma di Esquevin (riportato in Thorez 1976). E' presente, inoltre, l'*halloysite* 10 Å e probabilmente anche la *palygorskite*.

Le analisi sono tuttora in corso ma, per ora, si può già affermare che si tratta di un sedimento diverso dalla "terra rossa" del Carso triestino e quindi la sua origine resta ancora da stabilire.

Il quarto campione è stato studiato secondo i metodi usati nel "Progetto Clay" (Cancian e Princivalle 2002). In questa maniera i dati diventano confrontabili.

L'analisi del "totale" ha permesso di stimare questa composizione: *fillosilicati* 90%, *quarzo* 9%, *feldspati* 1%.

La distribuzione percentuale dei fillosilicati, invece, è la seguente: *illite* 65%, *clorite* 18%, *caolinite* 7%, *smectite* 10%

Illite:

Politipo 2M. Il rapporto tra le intensità dei riflessi (002)/(001), misurato su tre diffrattogrammi è tra 0,37 e 0,45 pertanto la composizione è phengitica/muscovitica (secondo Esquevin).

Il riflesso (060), che spesso è diagnostico per i fillosilicati, è a 1,503 Å, confermando la composizione muscovitica. Il grado di cristallinità, rappresentato dalla larghezza, a metà altezza, del riflesso attorno a 10 Å è 3,8 perciò è medio/buono.

Il grado paragonitico è praticamente nullo, poiché il riflesso più intenso (001) è a 10,04 Å.

Si tratta, inoltre, di illiti parzialmente espandibili perché l'indice di I_r calcolato secondo la formula proposta da Srodon & Eberl (1984) è pari a 1,4.

Clorite:

Il numero degli atomi di ferro nei sei siti ottaedrici è stato stimato utilizzando la formula proposta da Moore & Reynolds (1989): $[I(002) + I(004)]/I(003)$. Si ottiene il valore di 3,55 che corrisponde ad un atomo di ferro.

Caolinite:

Presenta un grado medio di cristallinità, come dedotto dall'esame di alcuni riflessi tipici.

Smectite:

Con tutta probabilità si tratta della varietà montmorillonite, infatti, nel campione orientato, allo stato normale, il riflesso principale si trova tra 14,5 Å e 15,0 Å. Si confonde con quello della clorite ma si riesce a spostarlo tramite glicolazione.

Tutte queste caratteristiche mineralogiche sono tipiche delle “terre rosse” del Carso.



Fig. 10:
raccolta di campioni d'acqua nello “sprofondamento” di circa 3 metri (punto più basso della grotta).



Fig. 11:
vaschette nella parte più interna della grotta. (Foto di Andrea Colus)

6. MICROCLIMA

Durante le nostre visite svoltesi nei mesi di aprile e giugno 2011 abbiamo rilevato le temperature e le direzioni delle correnti d'aria in diversi punti di campionamento lungo lo sviluppo della grotta e riscontrabili nella fig. 12.

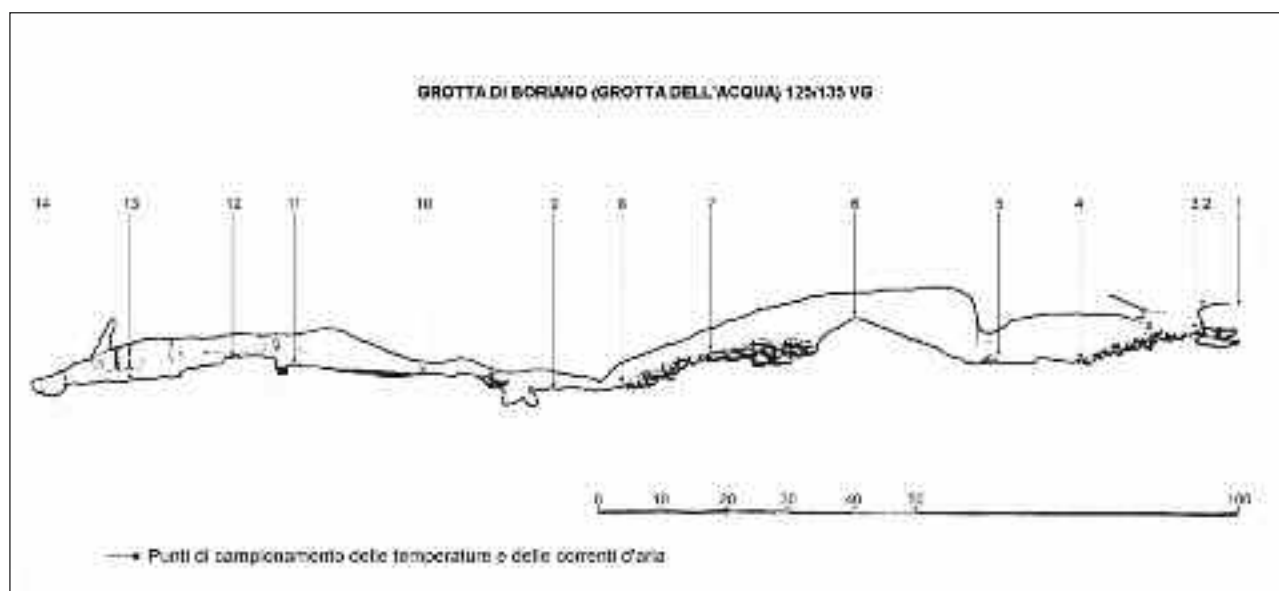


Fig. 12: *sezione longitudinale della grotta con indicazione dei punti di campionamento delle temperature e delle correnti dell'aria.*

Le temperature sono state misurate tramite un termometro digitale preventivamente controllato e tarato con un termometro a mercurio da laboratorio e sono riportate nella tabella di seguito, che vuole essere un esemplificativo confronto con i risultati precedenti.

I dati del 1899 sono quelli riportati nel Duemila Grotte mentre quelli del 20/1/2011 sono stati ottenuti nella ricerca sulla composizione chimica delle acque, riportata in questo volume (Cancian e Stocker 2012).

DATA	Temp. esterna	Temperatura interna														Temp. . bacinetti
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
3.4.1899	19	12,5														11
20.1.2011	9,1		6,4	6,3	5,4		5,7	6,0	7,4	7,6	10,1	10,8	10,9	10,9	10	
17.4.2011	14,9	10,2	7,3	6,4	6,1	6,4	6,5	6,5	7,2	8,2	9,8	11,8	10,9	11,0	8	
1.6.2011	23,9	9,4		7,9	7,9	8,9		9,0	8,1	10,4	11,2	12,8		11,6	8,5	

Tab. 4: *Temperature (in °C) ricavate nei punti di campionatura nei diversi periodi.*

Confrontando i risultati si può osservare che il punto più freddo è il 5, corrispondente al tratto “piano” rischiarato dalla tenue luce proveniente dal camino posto in alto sulla parete dx e che porta all'esterno. Si tratta della prima depressione, delimitata tra due tratti in salita, dove l'aria fredda proveniente dall'ingresso principale e da quello a pozzo resta qui confinata perché è più pesante.

Il punto più “caldo” pare essere, invece, il 12, nel tratto più interno della grotta, che s'incontra subito dopo aver superato i due pilastri che formano una specie di portale.

In definitiva le parti più “fredde” coincidono col tratto di grotta caratterizzato dai fenomeni clastici, mentre le più “calde” coincidono con il tratto caratterizzato dall'imponente concrezionamento calcitico.

Le correnti d'aria sono state evidenziate empiricamente osservando la direzione assunta dal fumo della sigaretta prima a 20 cm dal suolo, poi ad altezza d'uomo e sono state misurate nei punti 3-4-6 nel mese di aprile.

Si è notato che nel punto 3, in corrispondenza del piano inclinato, il fumo in basso andava leggermente verso l'esterno e in alto verso l'interno; nel punto 4, ai piedi del piano, così come nel punto 6 che precede l'ingombro dei grossi macigni, la direzione del fumo, sia in basso che in alto, testimoniava una corrente verso l'interno. Queste correnti, tuttavia, erano molto leggere e quasi impercettibili.

Nella parte più interna della grotta non c'erano correnti d'aria significative ed il fumo non assumeva nessuna direzione laterale.

7. SPELEOBIOLOGIA

Nella descrizione che appare nel “Duemila Grotte” (Bertarelli, Boegan 1926) si afferma che sono stati osservati piccioni e pipistrelli e tre specie di artropodi: *Titanethes albus*, *Niphargus puteanus* e *Asellus cavaticus*.

Si precisa subito che, durante le nostre visite, non sono state effettuate ricerche speleobiologiche specialistiche ma solo alcune semplici osservazioni che qui si ritiene utile riportare.

Nell'uscita del gennaio 2011 sono stati notati due pipistrelli (*Rhinolophus ferrumequinum*) appesi alla parete, ma erano assenti nelle visite successive dell'aprile, giugno ed agosto 2011, probabilmente perché disturbati dall'aumento della frequentazione umana della grotta.

Nel primo tratto, tra i due ingressi, sono stati trovati tra i massi anche delle ossa di pipistrello, il che potrebbe indicare che in passato questi animali erano più presenti nella grotta. Tra i massi è stata notata anche qualche piccola colonia di Collemboli, lunghi pochi millimetri, slanciati, cilindrici, con segmenti ben visibili.

Nella parte più interna, invece, in una vasca sono stati osservati alcuni esemplari di *Niphargus* mentre, tra le pietre del pavimento e su una parete, sono stati trovati esemplari di *Titanethes albus*.

In prossimità del tratto di caverna dove si trova il camino che conduce all'esterno, si osservano poi diverse curiose chiazze irregolari di colore giallo oro sia sulla volta sia più in basso sulle concrezioni (fig. 14). Può darsi che si tratti di licheni o muffe, anche se sarebbero opportune analisi specifiche. Ci sembra interessante riportare quest'osservazione poiché in alcuni punti la luce è davvero tenue (zona sub oscura).

Presso l'ingresso principale, inoltre, è stata notata un'esile forma vegetale (fungo) che nasce da un tronco in decomposizione (fig. 13), mentre all'imboccatura si sono osservate felci, muschi, epatiche e licheni.

Uno studio dettagliato sui vegetali di questa grotta si trova in Castello M. et al. (2011).



Fig. 13: forme di vita animale (A) (Foto di Andea Colus) e vegetale (B) nel primo tratto della grotta.



Fig. 14: *chiazze giallo oro presso il secondo ingresso.*

8. CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

Con quest'articolo si è cercato di dare una visione generale dei principali aspetti della grotta, da quelli prettamente turistici a quelli scientifici, che meritano sicuramente ulteriori approfondimenti. Di particolare interesse sono state le osservazioni sui depositi di riempimento. Ad esempio, nonostante le diverse ricerche, non sono state trovate le "sabbie siltose gialle" che solitamente si rinven- gono nei tratti terminali delle cavità suborizzontali. Tra l'altro, la grotta termina proprio con un ampio scavo, ma è tutto approfondito nella terra rossa.

Forse questo può essere un indizio che la grotta non termina proprio qui.

Inoltre, in una vaschetta del tratto iniziale è stato esaminato un materiale sabbioso-limoso costituito quasi esclusivamente da calcite e illite. Si tratta di un sedimento ben diverso dalla classica terra rossa del Carso e la cui origine, al momento, non è nota ma potrebbe dare importanti informazioni sull'antica idrologia legata al Solco di Brestovizza.

L'analisi del microclima e delle forme viventi, invece, ha permesso di constatare che si tratta di un habitat vario, dinamico e sicuramente interessante.

Oltre a queste considerazioni scientifiche, va aggiunto, però, che la facilità d'ingresso, unita alla caduta del confine, ha portato ad un crescente aumento dei visitatori, solitamente rispettosi dell'am- biente, ma non sempre, come si può constatare dalle nuove scritte su pareti e concrezioni.

L'ambiente sotterraneo è fatto di delicati equilibri. Ad esempio, la formazione delle pisoliti dipende dagli equilibri chimici delle acque, ma questi vengono sicuramente alterati da ogni intervento "esterno". Non ci si riferisce solo ai classici sversamenti di carburo o del buttare a terra una batteria

esausta: per alterare l'equilibrio $\text{CaCO}_3 - \text{CO}_2 - \text{pH}$ basta solo camminare senza delicatezza, magari con gli stivali fangosi, proprio dentro le vaschette.

Lo stesso discorso si potrebbe fare per la microfauna, anch'essa sensibile ad ogni intervento esterno. Il nostro studio, pertanto, vuole essere una "fotografia" dello stato attuale della grotta, con la speranza che la sua integrità non venga alterata nel tempo.

Questa speranza è dettata da una consapevolezza maturata nelle varie visite in questa grotta ma pure nelle altre: ognuno di noi conserva in sé una sensibilità che riaffiora quando meno se lo aspetta, magari proprio dinnanzi ad uno spettacolo come quello di un ipogeo che ogni volta propone qualcosa di nuovo, quasi volesse centellinare preziosamente le sue meraviglie come si fa con un tesoro inestimabile e ognuno di noi tiene in serbo queste emozioni non per vergogna ma perché semplicemente risponde ad un intimo accordo con la grotta stessa. Ecco perché il ritornarci "ricrea" quell'attrazione indescrivibile ma vera ed intensa della prima volta, fatta di rispetto e di cura nel non voler alterare nulla di tutto quello che si sfiora; dove anche gli occhi curiosi si "muovono" con circospezione e scrupolosa attenzione quasi la padrona di casa ne potesse misurare "la pressione". Eppure, enfasi a parte, questa padrona di casa è ospitale e non ci lascia andar via mai a mani vuote se sappiamo riconoscere quali sono i suoi doni e la ricambiamo con la stessa premura proprio come faremmo con un nostro simile e semplicemente perché Lei è viva!

Nota:

un breve filmato sulle ricerche effettuate nella Grotta di Borianò si trova su Youtube a questo indirizzo:
<http://www.youtube.com/watch?v=qLaRSbQFLk4>

Ringraziamenti:

l'autrice ringrazia il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Trieste per aver permesso le analisi mineralogiche, la Società di Studi Carsici "A.F. Lindner" per l'appoggio ed il Dr. Graziano Cancian per la collaborazione ed il supporto logistico.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLOTTI S. (1965): I depositi di riempimento nelle cavità del Carso Triestino. *Atti e Memorie Comm. Grotte E. Boegan*, vol. V, 49-71, Trieste 1966.
- BERTARELLI E., BOEGAN B. (1926) – 135, Grotta di Borianò. In: *Duemila Grotte, quarant'anni di esplorazioni nella Venezia Giulia*, pp. 362,364, Touring Club Italiano, Milano.
- CANCIAN D., STOCKER U. (2012) – La Grotta di Borianò 125/135 VG nel Carso Triestino. Alcune caratteristiche fisiche e chimiche delle acque contenute nelle “concrezioni a vasca” (gours). *Studi e Ricerche*, Soc. di Studi e Ricerche Lindner, Ronchi dei Legionari (GO).
- CANCIAN G. (1996) – Primo elenco dei minerali di grotta del Carso Triestino-Goriziano. *Studi e Ricerche*, vol. 3, pp. 11-23, Soc. di St. Carsici Lindner, Fogliano Redipuglia (GO).
- CANCIAN G. (2001): The “yellow salty sands” in the filling deposits of the caves of Trieste Karts: granulometria, mineralogy and geochemistry. *Ipogea*, vol. 3, 39-55, Trieste.
- CANCIAN G. (2012) – Pisoliti nella Grotta di Borianò 125/135 VG nel Carso Triestino. *Studi e Ricerche*, Soc. di Studi e Ricerche Lindner, Ronchi dei Legionari (GO).
- CANCIAN G., PRINCIVALLE F. (2002) – Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta del Friuli Venezia Giulia (Progetto Clay). *Gortania, Atti del Museo Friul. di St. Nat.*, 24, pp. 5-30, Udine
- CASTELLO M., RUSTICI A., TENTOR M. (2011) – La via all'interno delle grotte: note sui vegetali nella Grotta dell'acqua. *Natura Nascosta*, 42, pp. 9-22, Gruppo Speleol. Monfalconese A.D.F. e Museo Paleont. Cittadino, Monfalcone.
- CUCCHI F., PIRINI RADRIZZANI C., PUGLIESE N. (1987) – The carbonate stratigraphic sequence of the Karst of Trieste (Italy). *Mem. Della Soc. Geol. Ital.*, vol. XL, pp. 35-44.
- D'AMBROSI C. (1970) – Sulle attuali vedute riguardo l'evoluzione del Carso di Trieste propriamente detto, dopo la genesi della superficie di spianamento Cattiano-langhiana. *Atti e Mem. Della Comm. Grotte E. Boegan*, vol. 10, pp. 113-136, Trieste.
- FORTI F. (1983): I depositi di riempimento. In: *Invito alla conoscenza delle grotte del Carso Triestino*. Genesi ed evoluzione delle ricerche speleologiche. Ediz. LINT, Trieste.
- FORTI F. (1996) – Particolari forme carsiche del Carso Triestino. Corrosioni e concrezioni asimmetriche. *Atti e Mem. Della Comm. Grotte E. Boegan*, vol. 8, pp. 47-81, 1968, Trieste.
- FORTI F. (1996) – La scala di carsificabilità. In: *Carso Triestino, guida alla scoperta dei fenomeni carsici*, pp. 66-76, seconda ediz., ed. LINT, Trieste.
- GHERLIZZA F. (2011) – *Grotte di guerra sul carso*, pp. 36, 45, La biblioteca del Piccolo.
- MARINI D. (2009) – Il sentiero militare Abramo Schmidt. Gruppo Spel. Flondar, Villaggio del Pescatore 102, Duino-Aurisina (TS).
- MARINI D. (2011) – Le grotte del Carso Triestino, dalla preistoria ai giorni nostri. Volume 1. Gruppo Spel. Flondar, Villaggio del Pescatore 102, Duino-Aurisina (TS).
- MOORE D.M., REYNOLDS R.C. (1989) – Identification of clays minerals and associated minerals. In : *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*, pp. 202-240. Oxford University Press.
- SRODON J., EBERL D.D. (1984) – Illite. In: *Micas, review in mineralogy*. Bailey ed., Madison Wisconsin, 13, pp. 495-544.
- THOREZ J. (1976) – Practical identification of Clay Minerals. A handbook for teachers and students in clay mineralogy. Leclot Ed., Dison, Belgique.

Graziano Cancian, Francesco Princivalle (*)

SABBIE QUARZOSE E LIMI ARGILLOSI RICCHI DI CAOLINITE NELL'ABISSO DI GABROVIZZA (CARSO TRIESTINO)

Riassunto:

Tramite la diffrazione a raggi x sono stati analizzati alcuni campioni di sabbie limose argillose giallastre prelevate dall'Abisso di Gabrovizza 132/73 VG (Carso Triestino).

Le sabbie sono costituite soprattutto da quarzo e le loro dimensioni più frequenti sono inferiori a 0,300 mm con uno scarso grado di assortimento.

La frazione pelitica, invece, presenta delle inaspettate quantità di caolinite, che qui è addirittura il primo fillosilicato con percentuali stimate tra il 58% ed il 59%, inoltre, è segnalata anche la presenza significativa di interstratificati caolinite/smectite.

Tra i minerali pesanti prevale la goethite.

Questi sedimenti sono diversi dalla classica "terra rossa" del Carso, perciò sembrano avere un'origine diversa e forse più lontana. Possono essere classificati come supermaturi e l'alta percentuale di caolinite suggerisce un ambiente di formazione caldo umido.

Probabilmente hanno un'origine policiclica, anche eolica e sono stati trasportati dentro le grotte da parte delle acque nel Pliocene.

Abstract

By x-ray diffractometry we have analyzed some samples of yellowish clayey salty sands picked up from "Abisso di Gabrovizza" (Gabrovizza Abyss) 132/73 VG (Triest Karts).

The sands are chiefly formed by quartz and their most frequent sizes are < 0,300 m with a scarce degree of assortment.

The pelitic fraction, instead, presents an unexpected quantity of kaolinite, that here is even the first phyllosilicate with estimated percentage between 58% and 59%, moreover, we have signaled the significant presence of interstratified kaolinite/smectite too.

Goethite is prevailing among the heavy minerals.

These sediments are different from the classic "terra rossa" of Karts, therefore they seem to have a different and probably more distant origin. They can be classified as super-mature and the high percentage of kaolinite suggests a warm-damp place of formation.

Probably they have a polycyclic origin, also aeolian, and are transported inside the caves by the waters in Pliocene.

(*) Dipartimento di Geoscienze, Università di Trieste, via E. Weiss, Trieste

1. PREMESSA

L'Abisso di Gabrovizza 132/73 VG è una grotta molto nota del Carso Triestino e si apre a circa mezzo chilometro, in direzione SE, dall'omonimo paese. La profondità è di 92 m e lo sviluppo di 144 m. L'ingresso è piuttosto stretto, ma poi la cavità si amplia e presenta una morfologia abbastanza diversificata con pozzi di varia profondità. Parecchi punti sono notevolmente concrezionati e la caverna finale è interessata da piccoli crolli.

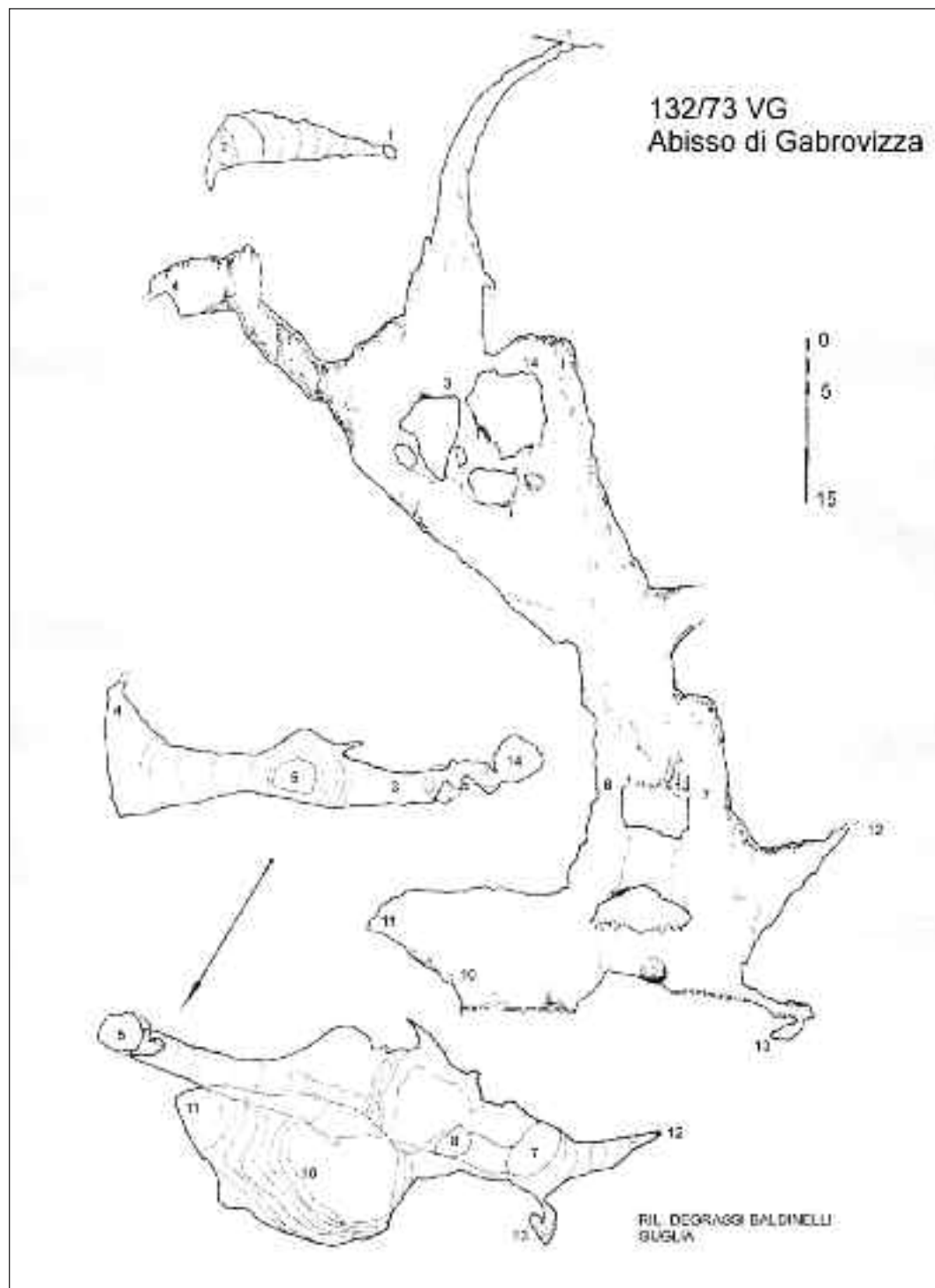


Fig. 1:
rilievo dell'Abisso di Gabrovizza (Degrassi, Baldinelli, Guglia).

In periodi diversi sono stati raccolti, a circa 30 m di profondità (confluenza con il ramo laterale) ed in prossimità del fondo, dei campioni di sabbia quarzosa mista a limo argilloso giallastro. Questo materiale è stato poi studiato tramite la diffrattometria a raggi X nel Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Trieste. Altre osservazioni sono state eseguite al microscopio binoculare.

2. LE SABBIE LIMOSE ARGILLOSE GIALLE NEI DEPOSITI DI RIEMPIMENTO DELLE GROTTI DEL CARSO

Questi sedimenti hanno sempre attirato la curiosità perché il loro colore giallastro e le loro caratteristiche granulometriche sono diverse dalla “terra rossa” del Carso triestino-goriziano.

La “terra rossa”, dal tipico colore bruno-rossastro, ricopre con un velo discontinuo le superfici carsiche e si concentra soprattutto nelle doline, nelle varie depressioni ed anfratti, nonché nell'interno delle cavità carsiche. Secondo vari studi sembra che la sua origine sia poligenica, ma il maggiore apporto è dovuto alla degradazione delle antiche coperture flyschoidi. Indagini mineralogiche riguardanti il Carso Triestino, infatti, hanno dimostrato una buona analogia mineralogica tra “terre rosse” ed il Flysch (Lenaz et al 1996).

Le “sabbie limose argillose gialle”, invece, si rinvenivano nei depositi di riempimento di diverse grotte del Carso e stratigraficamente sono collocate nel livello B (Andreolotti 1965) o livello 2 (Forti 2001), al di sotto delle “terre rosse” che sono abbondanti nel livello superiore.

L'origine di questi sedimenti non è ancora chiara e le ipotesi hanno subito un'evoluzione nel tempo, che vale la pena di ripercorrere, almeno a grandi linee.

In passato, diversi autori qualificati, dal Marchesetti al Marussi al D'Ambrosi - Legnani, hanno affermato che questi materiali derivano dalla disgregazione delle antiche coperture flyschoidi (Andreolotti 1965), però le loro affermazioni si basavano soprattutto su osservazioni e sulle loro buone conoscenze geologiche delle zone.

Tra gli speleologi, un primo dubbio è stato sollevato da Nicolettis (1977), il quale si occupò di un deposito in una cavità presso Malchina, ma stavolta le osservazioni visive furono integrate da analisi granulometriche. Si dimostrò, pertanto, che quelle sabbie erano bene classate, con netta prevalenza dell'intervallo 0,21 – 0,30 mm e generalmente compreso tra 0,105 e 0,42 mm. Queste caratteristiche granulometriche fecero ipotizzare un'origine policiclica. Secondo questo autore, le sabbie hanno un'origine fluviale ma successivamente hanno subito un'elaborazione eolica ed in una terza fase (da lui ipotizzata glaciale Riss o Würm) sono state trasportate dentro le cavità.

Purtroppo questo interessante studio è stato poco ricordato, probabilmente a causa della scarsa diffusione negli ambienti scientifici degli Atti in cui è stato pubblicato.

Altri dubbi sull'origine flyschoidale locale di queste sabbie sorgono successivamente da alcune considerazioni di Forti (1993) sulla scorta di osservazioni fatte anche da Rimoli (1982). Si ipotizza, in questo caso, un'origine legata ad una trasgressione marina avvenuta nel Pliocene.

Più tardi ancora, iniziano le ricerche mineralogiche di dettaglio, avvalendosi delle tecniche della diffrattometria a raggi X, talora integrate da altre analisi granulometriche e osservazioni al microscopio (Cancian 2001, Cancian e Princivalle 1999, 2000, 2002, Cucchi et al. 1992).

Anche in questo caso, le nuove indagini portano nuove importanti informazioni, ma, invece che

chiarire una volta per tutte l'origine di questi sedimenti, pongono altri interrogativi. Infatti, le caratteristiche granulometriche concordano con l'origine policiclica, anche eolica, formulata da Nicoletti, però la composizione mineralogica non corrisponde esattamente a quella delle terre rosse e dei depositi pelitici derivanti dalla disgregazione del flysch.

Per quanto riguarda, invece, l'età di questi sedimenti, Bosak et al. (2000) hanno studiato materiali simili presso Kozina (Slovenia) constatando, con metodi paleomagnetici, che la parte inferiore dei depositi arriva fino a 5,2 milioni di anni fa. Altre ricerche paleomagnetiche sono state effettuate più recentemente in altre grotte della Slovenia (Zupan Haina et al. 2010) e gli Autori hanno visto che ci sono state tre distinte fasi importanti di deposizione e la prima è compresa tra 5,4 e 4,1 milioni di anni (Miocene-Pliocene).

Poiché i sedimenti giallastri delle grotte del Carso Triestino si trovano verso la parte bassa dei depositi di riempimento, è lecito ipotizzare che la loro età di deposizione sia pliocenica.



Fig. 2: pozzo d'ingresso. Foto Andrea Colus.



Fig. 3: *confluenza con il ramo laterale. Foto Andrea Colus.*

2. GRANULOMETRIA DELLE SABBIE E LIMITI DI ATTERBERG DEL CAMPIONE LIMOSO ARGILLOSO

La sabbia può essere classificata come “fine” o “molto fine” ed è bene classata, infatti, il 57% dei grani ha dimensioni inferiori a 0,125 mm, il 40% è compreso tra 0,125 e 0,300 mm e solo il 3% ha dimensioni superiori a 0,300 mm.

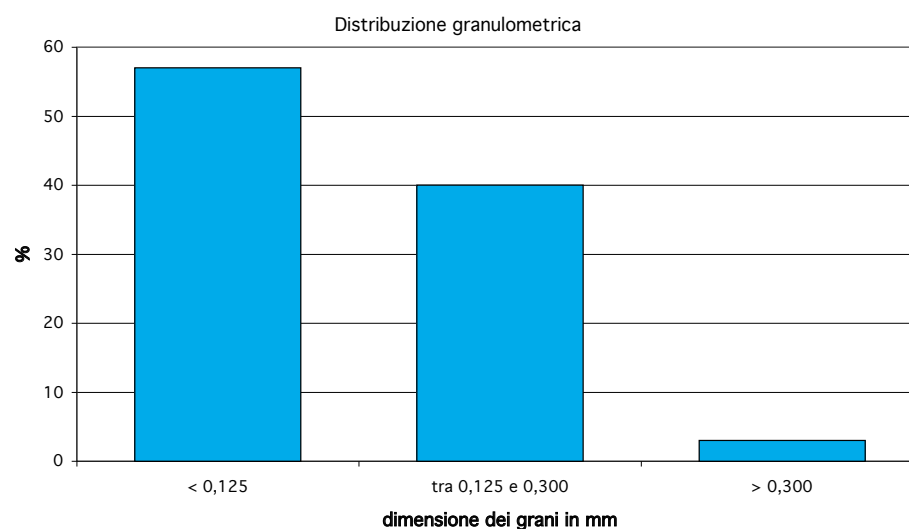


Fig. 4: *distribuzione granulometrica % delle sabbie quarzose.*



Fig. 5: sabbie. Gli elementi bianchi o vitrei sono costituiti da quarzo, mentre quelli ocre sono di limonite.

Nella frazione limosa-argillosa, invece, sono stati determinati i limiti di Atterberg, che sono così risultati:

umidità naturale $W = 49,5 \%$

limite plastico $LP = 19,0$

limite liquido $LL = 58,0$

indice plastico $IP = 39,0$

In base a questi dati, il campione può essere classificato MH ossia come un “limo inorganico di alta plasticità”.

3. ANALISI DEL “TOTALE”

Sono stati analizzati 5 campioni. Il n° 1 è costituito da sabbia fine con abbondante frazione pelitica. Il campione n° 2 – 3 – 4 sono costituiti, invece, da sabbia con frazione pelitica meno abbondante del campione precedente e decrescente come quantità. Infine, il campione 5 è stato separato in due classi granulometriche, rispettivamente superiore a 0,300 mm ed inferiore a 0,125, con lo scopo di verificare le diversità distributive percentuali dei minerali.

Le percentuali sono state stimate secondo il metodo proposto da Laviano (1987).

Le analisi dimostrano che il quarzo è presente in quantità molto variabili, però è più abbondante nella frazione sabbiosa e più scarso in quella pelitica.

La calcite è occasionale e probabilmente deriva, almeno in parte, da apporti successivi alla deposizione di questi sedimenti.

La mancanza di feldspati, unita all'alta percentuale di quarzo, indica che il sedimento è supermaturo.

	1	2	3	4	5 a > 0,300 mm	5 b < 0,125 mm
Quarzo	33	60	70	74	42	12
Feldspati	0	0	0	0	0	<i>tracce</i>
Fillosilicati	67	36	27	25	38	85
Calcite	0	0	3	0	19	3
Goethite	0	0	0	0	1	0
Diasporo	0	4	0	1	0	0

4. ANALISI DEI FILLOSILICATI

I fillosilicati sono stati studiati su preparati orientati su vetrino, sia allo stato naturale sia dopo glicolazione e riscaldamento a varie temperature (da 200° a 600°). Le stime quantitative sono state ottenute tenendo conto delle aree dei riflessi in base ai criteri esposti da Biscaye (1965).

Il riconoscimento degli strati misti caolinite/smectite e delle loro caratteristiche è stato effettuato in base alle osservazioni ed alle tabelle riportate da Moore e Reynolds (1989)

Si è visto così che la caolinite è il minerale nettamente prevalente.

	Camp.1 %	Camp. 2 %	Camp. 3 %
Illite	19	20	18
Clorite	4	8	7
Caolinite	58	59	59
Smectite	12	6	10
Caol 90 % Sm 10%	0	7	0
Caol 80 % Sm 20%	7	0	6

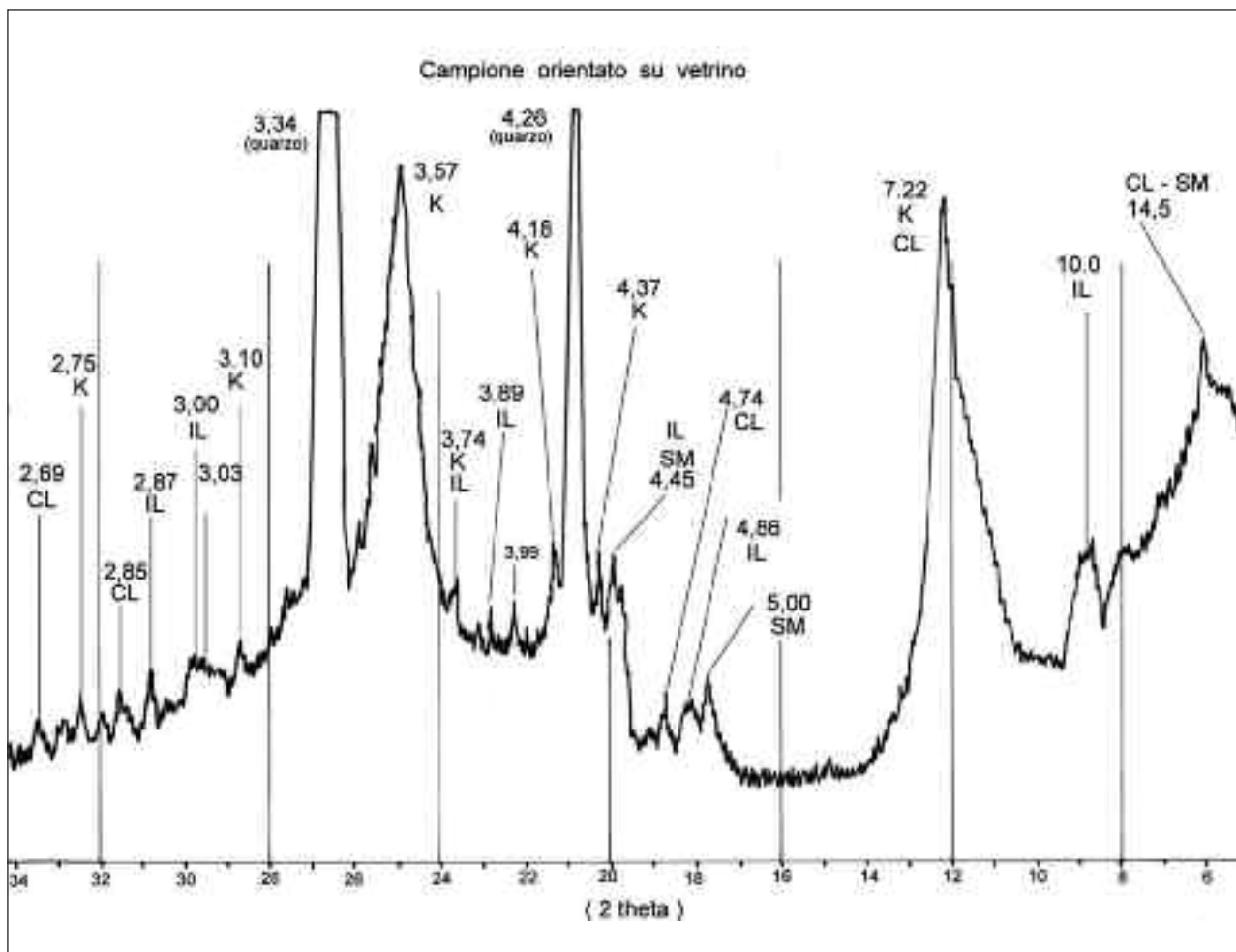


Fig.6: diffrattogramma di un campione prevalentemente argilloso orientato su vetrino, dove si può notare l'abbondanza di caolinite tramite il riflesso a 7,22 .
K = caolinite. IL = illite. SM = smectite. CL = clorite.

Illite:

L'illite, che di solito è il fillosilicato più abbondante nelle argille di grotta del Carso, qui si trova al secondo posto, con percentuali tra il 18 % ed il 20 %.

Può essere caratterizzata da due parametri principali: l'indice di cristallinità, che è la larghezza (in mm), a metà altezza del riflesso principale (001) ed il rapporto delle intensità dei riflessi (002)/(001). In questo caso l'indice di cristallinità, compreso tra 0,35 e 5,2, pone l'illite nei campi dell'epizona ed anchizona (Thorez 1976). Il rapporto $I(002)/I(001)$, invece, compreso tra 0,50 e 0,85, indica una composizione muscovitica.

Nel nostro caso, il profilo del riflesso basale, spesso poco pronunciato ed irregolare suggerisce che si tratta di illiti piuttosto degradate e probabilmente con presenza subordinata di strati misti illite/montmorillonite. Questa ipotesi è rafforzata dal fatto che, dopo glicolazione, l'asimmetria del riflesso diventa ancora più irregolare verso i bassi angoli, mentre col riscaldamento, anche moderato (200°) lo stesso riflesso diventa più regolare.

Clorite:

Non è possibile fare ulteriori caratterizzazioni a causa della sua scarsità e perché i suoi riflessi più importanti vengono mascherati da quelli della caolinite e della smectite. La sua presenza è stata evidenziata dal riflesso attorno a $14,5 \text{ \AA}$ che non si separa in seguito a glicolazione, al contrario di quanto accade con la smectite. Da prove di riscaldamento a varie temperature (da 300° a 550°) sembra inoltre che si tratti di cloriti con scarso grado di cristallinità.

Caolinite ed interstratificati caolinite/smectite:

Le alte percentuali di caolinite qui riscontrate devono ritenersi un fatto inconsueto per quanto riguarda le argille di grotta del Carso Triestino.

Il riflesso (001) è attorno a $7,20 - 7,25 \text{ \AA}$ mentre lo (002) è attorno a $3,57 - 3,58 \text{ \AA}$.

Il riflesso (060), che spesso è usato per avere una maggiore sicurezza nel riconoscimento dei fillosilicati, in questo caso è tra $1,489 \text{ \AA}$ e $1,491 \text{ \AA}$.

Sono stati realizzati diffattogrammi anche su campioni riscaldati a varie temperature. Ad esempio, un campione è stato riscaldato a 200° C per 30 minuti e si è visto che i riflessi sono rimasti praticamente inalterati. Poi è stato riscaldato a 500° C per 30 minuti ed il riflesso basale a $7,25 \text{ \AA}$ si è ridotto dell'80% e quello a $3,58 \text{ \AA}$ è quasi scomparso. Infine, il campione è stato riscaldato a 600° C per soli 16 minuti ed i riflessi a $7,25 \text{ \AA}$ e $3,58 \text{ \AA}$ sono scomparsi completamente.

E' importante aggiungere che nelle caolinita pure, il riflesso basale è generalmente tra $7,10$ e $7,17 \text{ \AA}$. Secondo diversi autori, quando si sposta, come nel nostro caso, verso $7,20 - 7,25 \text{ \AA}$, molto probabilmente si tratta di caolinita "disordinate" (Thorez 1976) oppure vi è presenza di strati espandibili. Diversi autori, infatti, hanno notato che la presenza di interstratificati caolinite/smectite (K/S), anche in basse percentuali, genera un riflesso asimmetrico che si sposta gradualmente i bassi angoli in base all'aumentare degli strati espandibili (Altschuler et al 1963, Pocélet et al. 1967, Drits et al 1976, Corti et al. 1998, Abdallah 2000).

Gli stessi autori, inoltre, affermano che la caolinite si può formare a spese della montmorillonite e quindi gli strati misti C/S sono una fase intermedia.

Nel nostro caso, il rapporto percentuale C/S è stato stimato in base alle tabelle riportate da Moore e Reynolds (1989).

Smectite:

Con tutta probabilità si tratta della varietà montmorillonite, infatti, nei campioni orientati, allo stato normale, il riflesso principale si trova spesso a circa $15^\circ \text{ \AA}$ e si confonde con quello della clorite (circa $14,5 \text{ \AA}$). Si riesce a spostarlo, però, tramite glicolazione.

Generalmente, il suo grado di cristallinità è piuttosto basso, come evidenziato dal rapporto v/p, che, nei campioni esaminati era compreso tra 0,62 e 0,50.

5. MINERALI PESANTI

I minerali pesanti sono stati separati dalla sabbia tramite immersione in bromoformio (peso specifico 2,88).

L'osservazione al microscopio binoculare del prodotto ottenuto dimostra subito che almeno il 70% dei granuli sono irregolari e di colore ocra. Con tutta probabilità si tratta di *limonite*, ossia di una miscela di vari minerali, anche amorfi, tra i quali prevalgono soprattutto gli idrossidi di ferro e tra questi la *goethite* – FeOOH.

Sono stati osservati poi dei cristalli neri con habitus ottaedrico, attribuibili probabilmente a *cromite*, mentre altri, più scarsi, attratti dalla calamita, sono stati attribuiti a *magnetite* Fe₃O₄. Le loro dimensioni più frequenti sono tra 80 e 150 μ m.

Tra gli esemplari molto scarsi, vanno segnalati in ordine di abbondanza quelli di *rutile* – TiO₂ che si presentano con lucentezza vitrea e colore rosso bruno, seguiti da elementi di habitus prismatico e colore bruno giallastro, attribuibili probabilmente a *orneblenda*.

Lo *zirconio* – Zr(SiO₄) è ancora più raro, con cristalli allungati, lucentezza vitrea e dimensioni solitamente < 80 μ m. Altrettanto rari sono i *granati*, di colore bruno-nerastro.

E' stata eseguita anche una scansione col diffrattometro e si è confermato che la *goethite* – FeOOH è il minerale nettamente più abbondante.

Poiché i riflessi ottenuti erano abbondanti e di discreta qualità, è stato possibile determinare anche i parametri di cella. Si è visto, così, che sono molto simili alla goethite di riferimento JCPDS 29-713.

	Goethite Abisso di Gabrovizza	Goethite JCPDS 29 - 713
a ₀ (Å)	4,602	4,608
b ₀ (Å)	9,958	9,956
c ₀ (Å)	3,0194	3,0215
V (Å ³)	138,36	138,62

Nei diffrattogrammi sono stati riconosciuti anche i riflessi, nettamente subordinati, di *magnetite* Fe₃O₄, *ematite* Fe₂O₃, *lepidocrocite* FeOOH e *granato almandino* Fe₃Al₂(SiO₄)₃.



Fig. 7: un cristallo di magnetite visto al microscopio.

6. CHIMICA

Nell'ambito di questa ricerca è stata eseguita l'analisi chimica, tramite fluorescenza a raggi X, di un campione di sabbie limose giallastre raccolte a circa 30 m di profondità. I risultati sono riportati nelle successive tabelle.

Componenti maggiori (%)	
SiO ₂	74,1
TiO ₂	0,6
Al ₂ O ₃	16,8
FeO (tot)	1,1
MnO	0,1
MgO	0,5
CaO	0,9
Na ₂ O	0,1
K ₂ O	0,3
P ₂ O ₅	<i>tracce</i>
L.O.I.	5,5

Elementi in traccia (ppm)	
Cr	294
Ni	78
Rb	18
Nb	6
Sr	20
Zr	276
Y	17

7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La presenza di sabbie ed argille giallastre nelle grotte del Carso è un fatto noto, però l'interesse per il loro ritrovamento nell'abisso di Gabrovizza è dovuto a due motivi: ambientali e mineralogici.

Di solito, infatti, questi sedimenti sono stati trovati in grotte a sviluppo orizzontale o suborizzontale, geneticamente legate a scorrimenti idrici. In questo caso, invece, si tratta di una cavità a prevalente sviluppo verticale.

Il secondo motivo di interesse è dovuto, poi, alla straordinaria abbondanza di caolinite, che qui è addirittura il primo fillosilicato in termini percentuali, in tutti i campioni esaminati.

Anche in questo caso, le analisi portano nuovi dati ma nello stesso tempo pongono nuovi interrogativi. Infatti, le caratteristiche granulometriche concordano con l'origine policiclica, anche eolica, formulata da Nicolettis (1977), però le alte percentuali di caolinite, non trovano riscontro nella composizione mineralogica delle "terre rosse" e nemmeno nelle formazioni flyschoidi eoceniche circostanti il Carso (Bonazzi e Tunis 1990).

In studi precedenti sulle "sabbie e argille gialle" di altre grotte, si era notato che il tenore di caolinite è più alto rispetto alle "terre rosse" e contemporaneamente i feldspati sono molto scarsi e spesso assenti (Cancian e Princivalle 1999, 2000, Cancian 2001, Tremul et al. 2000). E' logico pensare, perciò, che l'aumento della caolinite dipenda dall'alterazione dei feldspati, considerato anche la maturità del sedimento.

Tuttavia, nelle ricerche precedenti, la percentuale di caolinite era compresa spesso tra l'8% ed il 22% con punte fino al 35%.

Nell'Abisso di Gabrovizza, invece, queste percentuali sono nettamente superate e si arriva al 58% - 59% ed in una ricerca precedente, che aveva preso in esame altri campioni di questo abisso, si era arrivati fino al 67% (Cancian e Princivalle 1999).

Per ora, con i dati a disposizione, non è possibile spiegare con sicurezza il motivo di queste alte quantità di caolinite, pertanto, sono necessarie ulteriori indagini, possibilmente multidisciplinari, con altre metodiche ed altre strumentazioni, unite sempre all'attenta osservazione dei depositi entro le grotte.

BIBLIOGRAFIA

- ABDALLAH S.M. (2000): Probability of kaolinitization of montmorillonite under certain soil condition of Egypt. *Annals of agricultural science (Cairo)*, vol. 45, n° 1, 363-383.
- ALTSCHULLER Z.S., DWORNIK E.J., KRAMER H. (1963): Transformation of montmorillonite to kaolinite during weathering. *Science*, 141, 148-152.
- ANDREOLOTTI S. (1965): I depositi di riempimento nelle cavità del Carso Triestino. *Atti e Memorie Comm. Grotte E. Boegan*, vol. V, 49-71, Trieste 1966.
- BISCAYE P.E. (1965): Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 76, pp. 803-832.
- BONAZZI A., TUNIS G. (1990): Caratterizzazione mineralogica della frazione argillosa delle peliti in base alla stratigrafia delle unità e formazioni clastiche cretaco-terziarie del Friuli Orientale e della Slovenia Occidentale (Jugoslavia), *Atti Ticinesi Sc. Terra*, 33, 199-234.

- BOSAK P., KNEZ M., OTRUBOVA' D., PRUNER P., SLABE T., VENHODOVA' D. (2000): Paleomagnetic research of fossil cave in the highway construction al Kozina, SW Slovenia. *Acta Carsologica*, 29/2, 15-33
- CANCIAN G. (2001): The "yellow salty sands" in the filling deposits of the caves of Trieste Karts: granulometria, mineralogy and geochemistry. *Ipogea*, vol. 3, 39-55, Trieste.
- CANCIAN G., BENEDETTI G., KRAUS M., 1997 – Fenomeni di solfatizzazione e caolinizzazione nei suoli di due abissi del Monte Canin (Alpi Giulie). *Mondo sotterraneo*, n.s., a. XXI, n° 1-2: 33-47.
- CANCIAN G., PRINCIVALLE F. (1999): Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta del Carso Triestino. *Atti e Mem. Comm. Grotte E. Boegan*, vol. 36 (1998), pp. 75-90, Trieste.
- CANCIAN G., PRINCIVALLE F. (2000): Le "argille e sabbie gialle" della Grotta Regina (Carso Goriziano). *Atti Museo Civ. di St. Nat. Trieste*, 48, 59-68.
- CANCIAN G., PRINCIVALLE F. (2002): Caratteristiche mineralogiche delle argille di grotta del Friuli - Venezia Giulia (Progetto Clay). *Gortania, Atti del Museo Friul. Di St. Nat.*, 24: 5-30, Udine.
- CORTI G., SANJURIO M. J. F., UGOLINI F. C. (1998): Randomly interstratified kaolinite-smectite from Galicia (NW Spain): a new procedure for determination. *Clays and clay minerals*, v. 46, n° 6, 705-711.
- CUCCHI F., FINOCCHIARO F., PRINCIVALLE F. (1992): Yellow sands with gibbsite in sediments of Pocala Cave: paleoenvironmental consideration. *Acta Carsologica*, XXI, 157-165, Ljubljana.
- DRITS V. A., SAKHAROV B. A. (1976): *X-ray analysis of mixed-layers minerals*. Nauka, Moskow, 256 pp.
- FORTI F. (1983): I depositi di riempimento. In: *Invito alla conoscenza delle grotte del Carso Triestino*. Genesi ed evoluzione delle ricerche speleologiche. Ediz. LINT, Trieste.
- FORTI F. (1993): Gli studi sui riempimenti fissi e mobili delle grotte. *Progressione*, n° 27, 12-15, Comm. Grotte E. Boegan, Trieste.
- LAVIANO R. (1987): Analisi mineralogica quantitativa di argille mediante diffrattometria di raggi X. *Procedure di analisi di materiali argillosi*, ENEA, pp. 215-234.
- LENAZ D., DE MIN A., LONGO SALVADOR G., PRINCIVALLE F. (1996): Caratterizzazione mineralogica della terra rossa di dolina del Carso Triestino. *Bollettino Soc. Adriat. di Scienze*, LXXVII, 59-67.
- MOORE D.M., REYNOLDS R.C. (1989): Identification of Mixed-Layered Clay Minerals. In: *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals*: 202-240. Oxford University Press.
- NICOLETTIS P. (1977): In merito ad un atipico deposito di riempimento di sabbie silicee nella zona di Malchina (Carso Triestino). *Atti del 3° Convegno di Speleologia del Fr. Ven. Giulia*, 259-267, Gorizia.
- PONCELET E. M., BRINDLEY E. W. (1967): Experimental formation of kaolinite from montmorillonite at low temperatures. *The American Mineralogist*, v. 52, 1161-1173.
- RIMOLI G. (1982): La concentrazione trasgressiva. *L'industria mineraria*, 6: 15-31.
- SRODON J., EBERL D.D. (1984): Illite. In: *Micas*, review in mineralogy. Bailey ed., Madison, Wisconsin, 13, 495-544.
- THOREZ J. (1976): *Practical identification of Clay Minerals. A handbook for teachers and students in clay mineralogy*. Lelotte Ed., Dison, Belgique
- TREMUL A., CALLIGARIS R., LENAZ D., PRINCIVALLE F. (2000): A preliminary report on sediments from Pocala Cave: sedimentological and heavy mineral analysis. *Atti del 6th International Cave Bear Symposium* (0. Castro, 27-30 settembre 2000).
- ZUPAN HAJNA N., MIHEVC A., PRUNER P., BOSAK P. (2010): Paleomagnetic research on karst sediments in Slovenia. *International Journal of Speleology*. 39(2), 47-60, Bologna.

Rino Semeraro*

**GUIDO TIMEUS
PIONIERE TRIESTINO DELLE INDAGINI CON TRACCIANTI,
NEI CENT'ANNI DAGLI EVENTI DELLA PROVA
SULLA CONTINUITA' TRA LA REKA E IL TIMAVO
INFERIORE, FRA IL PASSATO E IL PRESENTE PENSIERO SUL
TIMAVO SOTTERRANEO NEL PROBLEMA
DELL'IDROGEOLOGIA DEL CARSO.**

*Rino Semeraro, Trieste; E-mail: semeraro.rino@gmail.com

Premessa

Come già scrissi il 1911, un secolo fa, rappresenta la data in cui gli studi pionieristici e fondamentali del professor Guido Timeus (* 19.9.1869 - † 13.3.1953) – insigne chimico triestino del Civico fisicato di una Trieste ancora sotto l'Austria-Ungheria – sul principale problema dell'idrologia carsica di allora: provare se il fiume inghiottito nelle Grotte di San Canziano (il fiume Reka per tedeschi e slavi, o italianizzato in Recca) fosse quello che emergeva a San Giovanni di Duino chiamato Timavo, si conclusero. Perché il 1911? La risposta – secondo la mia interpretazione storica – è perché quell'anno furono divulgati, nella forma più autorevole, i risultati dello specifico percorso d'indagini scientifiche che iniziò quindici anni prima. Dalla chiusura di quel ciclo di studi, derivò poi l'avviamento di tutte le altre, successive, indagini del Timeus con i traccianti artificiali nell'area del Carso, e quelle degli altri studiosi che seguirono.

Data l'importanza del centenario, ebbi modo di pubblicare una nota commemorativa sull'evento (Semeraro, 2011) in una rivista speleologica on-line locale; tuttavia l'interesse suscitato dall'articolo determinò la stesura della presente nota specifica che, a differenza dell'articolo citato, mira anche ad analizzare, nell'apparato degli studi del Timeus, il concetto stesso di "Timavo sotterraneo", come estrapolato dalle originali indagini con traccianti dell'epoca, cioè nell'interpretazione dell'Autore e dei suoi contemporanei, e come esso si sia sviluppato in oltre un secolo, fino a oggi, nel quadro dell'idrogeologia del Carso.

Gli studi pionieristici del Timeus sul Timavo

Come Timeus stesso scrisse, fu nel 1895 – altre volte egli cita il 1896 – che egli iniziò a occuparsi del "problema del Timavo". Per quanto concerne il Timavo si può dire che gli studi ebbero conclusione, come ricordato, nel 1911, mentre altri problemi sull'idrologia carsica ipogea dell'area – non

marginali! – si svilupparono fino al 1915, in pratica interrotti dallo scoppio della Prima Guerra Mondiale. Il programma d'indagine, complessivo, fu riassunto moltissimi anni dopo dallo stesso Timeus in quello che si può definire il suo testamento scientifico, cioè nella pubblicazione, sulla rivista “Alpi Giulie” del 1928, che compendia i risultati delle sue ricerche (Timeus, 1928). Testualmente cito: “Era mio precipuo intendimento di risolvere, con fatti inoppugnabili, il problema dell'origine del classico Timavo e rilevarne in quanto fosse possibile il suo decorso sotterraneo. Si trattava inoltre di definire le fonti del fiume che risorge al fondo della caverna di Trebiciano, e l'origine dei corsi che nel tempo delle piene si riversavano nella profonda Voragine dei Serpenti. Le investigazioni erano inoltre ancora dirette ad accertare l'eventuale nesso fra il Timavo sotterraneo e le polle di Aurisina, le risorgenti di S. Giovanni e Cedassamare ed altre minori. Né intendevo di trascurare i rapporti col Timavo e con le acque, che scompaiono nella voragine presso Matteria e Castelnuovo e le eventuali relazioni fra il Timavo e le acque del Vipacco con i laghi di Doberdò, Pietrarossa e Sablici. Il programma di ricerche comprendeva anche ricerche sul Timavo, in prossimità della sua risorgenza, sull'origine e sul decorso delle acque che sgorgano presso Bagnoli, e sulla falda acquifera di Zaule”. Tuttavia il primo, fondamentale, problema che Timeus affrontò fu quello del Timavo vero e proprio, dove concentrò il massimo dei suoi sforzi volendo ottenere la prova di un'eventuale continuità tra San Canziano, cioè tra quel fiume anche chiamato Reka, e San Giovanni di Duino.



Guido Timeus

Dagli scritti del Timeus si evince come i primi anni furono dedicati alle ispezioni dei luoghi, alla prima raccolta di dati scientifici, ad avere un quadro esatto degli apporti e delle sorgenti del bacino carsico; poi studiare criticamente lo stato dell'arte, nel mondo, di quelle nuove (e ancor rare) tecniche d'indagine in idrologia, ovviamente partendo nel caso specifico dalla chimica delle acque, per poi scegliere le sostanze traccianti da utilizzare, e infine, per mettere a punto le metodiche ana-

litiche da impiegarsi in laboratorio, e in campo le tecniche di marcatura. Ci volle un decennio, ma devo avvertire che Timeus interpellò qualcosa come una trentina tra i più accreditati istituti in Europa, ricevendo documentazioni e pareri che propendevano per: primo i batteri (innocui), poi coloranti, galleggianti e quindi sale, il che fa subito capire come tali ricerche, all'epoca, fossero ancora allo stato embrionale. Il progetto vero e proprio, poi, partì nel 1906, quando iniziarono, in modo sistematico, gli esami delle acque del bacino carsico per accertarsi sull'estraneità del litio: poiché fu proprio il cloruro di litio a essere scelto, come tracciante, per il primo esperimento.

Comunque, Timeus entra pesantemente nell'argomento "problema del Timavo" nel 1906, quando pubblica una nota in merito allo stato delle conoscenze (Timeus, 1906), finendo – evidentemente – per appassionarsi a ogni aspetto di quelle ricerche, anche quello storico, tanto che più tardi discetterà sul contributo di Pietro Kandler (Timeus, 1912/a), eminente figura dell'Ottocento triestino che propugnò, cogliendo l'eredità del Rossetti, lo studio del grande problema del Timavo (tra l'altro, come ricorda Galli, coniando il termine "Timavo soprano").

Finalmente, nel 1907 gli esperimenti con traccianti del Timeus ebbero inizio. Si tenga presente che, in quegli anni, il Timavo sotterraneo, fiume carsico giudicato il più importante del mondo, costituiva il maggior problema di quell'area che per la storica rilevanza che rivestiva negli studi carsici, sarà proposto – in tempi moderni – di chiamare "Carso Classico" (Kranjc A., 1994), partendo da un'idea originale di "Mother Karst". Il francese Edouard Alfred Martel, che è considerato la massima autorità della speleologia europea dell'epoca, parla del Carso e del Timavo sotterraneo diffusamente, fin dalla sua opera fondamentale del 1894 (Martel, 1894), "Les Abîmes", e poi specificatamente nel 1909 (Martel, 1909). Martel, più tardi a esperimenti conclusi, dedicherà molto spazio agli studi del Timeus nella sua opera "Nouveau traité des eaux souterraines" (Martel, 1921).

Il metodo con il cloruro di litio fu anche chiamato "metodo Vortmann-Timeus", poiché fu il concittadino professor Giorgio Vortmann, dell'i. r. Politecnico di Vienna, a consigliare il Timeus di applicarlo. Il Vortmann, nel suo laboratorio al Politecnico aveva messo a punto la metodica analitica per il rilevamento del metallo, ed era quindi interessato a un utilizzo pratico dei suoi studi. Vortmann venne a conoscenza del progetto del Timeus dai giornali, e offrì subito la sua collaborazione.

Così, il primo esperimento poté aver luogo. Fino a quel momento – come Timeus farà notare – "...La relazione dunque fra il fiume che s'inabissa a San Canziano, con quello veramente unico e meraviglioso che sgorga dopo breve corso a San Giovanni di Duino, è tramandata dalla tradizione, ed era supposta in base ad una quantità di fatti e di osservazioni; esperimenti vennero fatti in epoche diverse e con molteplici metodi, ma tutti i tentativi rimasero senza risultato...".

Il 23 dicembre 1907 ebbe inizio l'esperimento immettendo 50 kg di litio, in 10 sacchetti di tela, legati su corde alle rive del Timavo superiore presso le Grotte di San Canziano, sospesi sulla linea mediana del fiume dove la corrente era più veloce. 1380 fu il numero dei campioni d'acqua raccolti, analizzati allo spettroscopio prima dal Timeus e poi controllati a Vienna dal Vortmann. Come si sa, otto giorni dopo, le prime tracce di litio furono rilevate alle bocche di San Giovanni di Duino, cui seguì il progressivo aumento con il picco massimo al nono giorno dall'apparizione.

L'esperimento con il litio, il primo grande test di tracciamento sulle acque di un bacino carsico – dell'importanza mondiale del Timavo – fu definito dal Martel come "gigantesco", considerate le difficoltà, le distanze, e le portate idriche in gioco.

Subito dopo, Timeus volle tentare con le sostanze radioattive; utilizzando l'uranite (in forma di masse di pechblenda, ridotte in granelli), che egli ottenne grazie ai buoni uffici del Vortmann, che poi lo assistette – come scrive Timeus – "col consiglio e con l'opera".

Il materiale fu messo a disposizione, per la sola durata dell'esperimento, dalla direzione delle

Miniere di Joachimsthal (Boemia) su concessione dell'i.r. Ministero dei lavori pubblici (cosa non da poco, poiché lo stesso governo austriaco lo aveva in precedenza negato a Marie Curie sebbene appoggiata dalla Académie de France!). Preceduto da ricerche sulla radioattività naturale delle acque della regione e poi da una prima esperienza sul Risano più una seconda sul canale d'irrigazione di Ronchi, il 15 aprile 1909 nella voragine di San Canziano, presso lo scoglio denominato Loreley, fu avviato il test definitivo (il cosiddetto "3° esperimento"), calando nell'acqua della Reka (Timavo superiore) 13 sacchetti contenenti 15 kg di pechblenda. Lo scopo era di verificare la radioattività alle sorgenti e, con l'occasione, rilevare lungo la corrente in grotta la variabilità delle Unità Mache di misura. Anche qui ormai è storia: otto giorni dopo l'immersione del minerale si verificò un notevole aumento della radioattività nelle acque del Timavo inferiore, che fu determinata quantitativamente per elettroscopia mediante un "Fontaktoscopio".

Accertata la positività del risultato, il 18 ottobre 1909 si ripeté il test (il cosiddetto "4° esperimento") calando nella corrente, all'interno delle Grotte di San Canziano, 38 sacchetti da 1 kg cadauno di pechblenda: il risultato positivo (praticamente simile) confermò quello precedente. Per la cronaca, il test ebbe un risvolto increscioso: una piena inaspettata a San Canziano determinò la perdita di 50 kg di pechblenda, cosicché Timeus si affrettò ad avvertire i giornali scientifici dell'accaduto.

Il grande esperimento era compiuto, e il doppio risultato riconfermava l'esito.

I nuovi metodi d'indagine sulle acque sotterranee carsiche, e i successi ottenuti sul Timavo, furono l'oggetto di una serie di conferenze a Trieste, presso la Società Adriatica di Scienze Naturali (la massima assise scientifica cittadina dell'epoca, giacché – si ricordi – Trieste non aveva ancora un'università), poi pubblicate come note sul Bollettino della stessa società (Timeus, 1910/a; Vorrmann & Timeus, 1910/a, 1910/b, 1910/c).

Con gli esperimenti del Timeus, in quegli anni che precedettero lo scoppio della guerra, si composero i primi, fondamentali, grandi tasselli del mosaico sulla conoscenza del Carso sotterraneo e le sue acque. Infatti, dopo l'esplorazione delle Grotte di San Canziano e dell'Abisso dei Serpenti da parte di Hanke, Marinitsch e Müller, che ho recentemente rivisto in una proiezione attuale (Semeraro, 2010) a 120 anni dalla loro conclusione trovando un percorso di continuità, gli studi idrologici sul Carso e sulla Grotta di Trebiciano del Boegan, e le esplorazioni del Perko sugli inghiottitoi della zona di Matteria quale diretta prosecuzione del Carso (Galli, 1999, 2000/a, 2000/b), il problema delle origini del Timavo era l'ultimo.

Del 1910 è il ponderoso studio del Timeus dal titolo "Studi in relazione al provvedimento d'acqua per la città di Trieste", pubblicato dal Comune di Trieste, opera (Timeus, 1910/b) che compendia gli studi idrologici, chimici e batteriologici, e tutti quelli con i traccianti, praticamente effettuati dal 1895 in poi, sul bacino del Timavo.

Il volume rappresenta lo studio scientifico sul problema dell'approvvigionamento idrico di Trieste, tale da consentire alla città la futura scelta su fonti e acquedotto. Esso fornisce il quadro del "gigantesco" esperimento, rimanendo però, per la sua natura di "Relazione" a uso comunale, abbastanza confinato e quindi di scarsa diffusione nella comunità scientifica.

Sarà però il 1911 l'anno che concluderà, simbolicamente, quel grande impegno; anche se ci saranno negli anni a seguire importanti approfondimenti su quesiti lasciati irrisolti, se non di pari, di uguale importanza per l'idrologia ipogea del Carso e delle zone limitrofe. È l'anno in cui Timeus presenta il suo lavoro (quindici anni di studi che si coronano con i due grandi tracciamenti sul Timavo), alla più alta comunità scientifica, in quell'inizio secolo con valenza internazionale, nella conferenza alla 5a Riunione, a Roma nell'ottobre del 1911, della prestigiosa Società Italiana per il

Progresso delle Scienze. Non fu scelta la capitale dell'Impero. Come Eugenio Boegan nel 1898 scelse di presentare in Italia, al concorso bandito dalla Società Geografica Italiana, la sua monografia sulla Grotta di Trebiciano, vincendo il primo premio, così Timeus scelse l'antagonista della sua Austria-Ungheria, il Regno d'Italia. Per queste ragioni, la conferenza romana "Il litio e la radioattività, quali mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea; l'origine del fiume Timavo", rappresentò, per me, il culmine (Timeus, 1912/b), con alcune palpitazioni di professione d'italianità (Semeraro, 2011).

Nel 1912 si stampò l'ultima grande fatica del Timeus, sempre per conto del Municipio di Trieste (Timeus, 1912/c), cioè il compendio delle ricerche idrologiche, chimiche e batteriologiche sulle acque del Timavo inferiore e sulle falde artesiane del Basso Friuli; poiché, non si scordi, che il confine tra i due stati passava per il Fiume Judrio.

In quest'ultimo lavoro il Timeus dibatte sul "parere conclusionale" del perito Dr. Karl Kinzer di Vienna su dove attingere l'acqua per Trieste: dal Timavo inferiore o dalle falde del Basso Friuli? In verità, il giudizio del Kinzer sarà abbastanza pilatesco: fa capire che le falde friulane non avrebbero bisogno di filtrazione, mentre il Timavo sì, ma che però l'enorme disponibilità della fonte carsica sarebbe risolutiva. Timeus era invece convinto della "soluzione Timavo", poiché considerava il problema delle torbide del Timavo (fenomeni che impressionarono il Kinzer) un mero aspetto tecnico ormai superato dallo stato dell'arte, dandone ampi esempi in Europa. Sempre secondo Timeus, per il Timavo nemmeno esistevano problemi batteriologici: nove anni di analisi dimostrava il contrario. Ogni decisione fu però rimandata.

Pochi anni più tardi, lo scoppio della Grande Guerra fermò qualsiasi ricerca. In effetti – si vedrà – il Timavo non fu mai d'interesse primario; anche se captato alla seconda bocca, la fonte per Trieste (provvisoriamente dal 1921, e poi con il grande acquedotto nel 1929) fu la Sorgente Sardos (detta Randaccio); mentre appena dopo la Seconda Guerra si captarono le falde profonde in sinistra dell'Isonzo. Va detto che Timeus non immaginò come il "progresso" potesse portare, negli anni Sessanta e Settanta, al grave inquinamento del Timavo.

Rimanevano dei problemi aperti. Nei due esperimenti la Grotta di Trebiciano non era agibile e non si poté prendere in considerazione nemmeno l'Abisso dei Serpenti. Lo stesso rintracciare, in entrambi gli esperimenti, acque marcate in altre sorgenti (a parte il risultato sempre positivo per le Sorgenti di Aurisina), come quelle di San Giovanni e quelle di Cedas (per il litio), sorgenti interposte alla falda idrica carsica da potenti spessori di Flysch e, del primo caso, pure da dislivelli, posero quesiti che, all'epoca, neanche si presero in considerazione. Il 28 gennaio 1913, Timeus, tracciò nuovamente il Timavo superiore, questa volta con 17 kg di fluoresceina, potendo finalmente controllare il fiume nella Grotta di Trebiciano, e così accertare la continuità, e da qui con il Timavo alle bocche. Mentre il 12 maggio 1913 nel punto più profondo dell'Abisso dei Serpenti, dove l'acqua con le piene del Timavo si sapeva risalisse, s'immisero 10 kg di cloruro di litio, ma in questo caso appena dopo 316 giorni, in occasione di un forte innalzamento del Timavo sotterraneo, il tracciante fu evidentemente rimosso e si accertò la continuità con Trebiciano e con San Giovanni di Duino. Esperimento particolarmente importante, questo per Trebiciano, poiché con i risultati delle analisi, della torbidità e con le correlazioni delle portate (Costantini & Timeus, 1914), Timeus propende, a monte della Grotta di Trebiciano, per limitati bacini mentre invece devono essere enormi tra questa grotta e le risorgenze. Ma – come puntualizza Galli (1999) – sugli stessi dati il direttore dell'Istituto di Igiene dell'Università di Vienna obietta, pensando che Trebiciano sia emissario di grandissimi bacini sotterranei, poiché la portata a Trebich si mantiene alta in anni di elevata siccità e d'inaridimento della Recca; parere al quale Timeus in seguito aderirà (Timeus, 1928). Il 20 maggio 1910 ci fu il tracciamento delle perdite del Fiume Vipacco nei calcari presso Vertoce (5 km prima della confluenza

con l'Isonzo), con 10 kg di cloruro di litio e 50 di stronzio, che marcarono sia i tre laghi carsici del Carso goriziano sia le bocche del Timavo. L'importanza (o meglio il significato) di quest'ultimo tracciamento si comprese pienamente appena oltre cinquant'anni dopo, e definitivamente in quest'ultimo decennio.

L'apporto del sistema isontino era stato supposto dal grande geologo austriaco Guido Stache, autore del rilevamento geologico del Carso triestino verso la fine dell'Ottocento. Mentre – negli stessi anni (Timeus, 1910/b; Piacentini, 1912) – con il tracciamento delle acque inghiottite nella “Valsecca di Castelnuovo” (Matarsko podolje), che gli speleologi triestini di etnia tedesca contemporanei del Timeus (Andrea Perko, Franz Mühlhofer) ipotizzavano affluenti nel Timavo ipogeo (il “Tربی Timavo” o il “Lindner Timavo”), mediante l'immissione di 50 kg di fluoresceina nel torrente che scompare nella Grotta di Odolina, si appurò il recapito alle sorgenti del Risano (Istria). Nel 1908 immettendo fucsina nella Voragine di Occisla e fluoresceina nella Grotta della Cascata, inghiottitoi dei torrenti di Beca-Ocisla, si trovò il collegamento con le Sorgenti di Bagnoli. Altri esperimenti furono eseguiti in quegli anni, tra cui il tracciamento con fluoresceina dei pozzi carsici presso le bocche del Timavo (nel 1909), che appurò detta comunicazione e, sempre con fluoresceina, da parte del Boegan (nel 1911), la comunicazione tra il Lago di Sablici e le sorgenti del Lisert. Infine, un ciclo di studi sulle caratteristiche idriche del Timavo a Trebiciano, per la municipalità, tra il 1913 e il 1915, vede uno degli ultimi impegni di Timeus nel campo dell'idrologia carsica (Costantini & Timeus, 1914); per inciso, si tratta del ciclo in cui l'Abisso di Trebiciano fu sceso giornalmente, per un migliaio di volte, e per la maggior parte personalmente da Eugenio Boegan.

Dopo la Grande Guerra, questi studi, e la stessa speleologia, per un certo periodo languirono. Nel 1926 uscì l'opera *Duemila Grotte* di Luigi Vittorio Bertarelli ed Eugenio Boegan, dove uno dei capitoli della prima parte è scritto dal Timeus: “Le indagini su l'origine delle acque sotterranee”, in cui l'Autore ampiamente parla del bacino del Timavo ipogeo e dei suoi test di tracciamento (Timeus, 1926); libro che contribuì alla formazione dell'ambiente speleologico in Italia. L'argomento era stato preceduto da una sua nota del 1924 (Timeus, 1924).

Sono per Timeus le ultime occasioni, dopo di che egli lascia nel 1928 il suo “testamento scientifico” sulla materia, nel compendio “Nei misteri del mondo sotterraneo” (Timeus, 1928). A quell'epoca, nel nuovo ordinamento Timeus era direttore del Laboratorio Chimico-Batteriologico dell'Ufficio Igiene di Trieste (l'ex Civico fisicato, asburgico). Gli studi sull'idrologia ipogea del Carso, dopo la coeva stagione del Timeus e del Boegan, fra le due guerre non ebbero grandi sprazzi, comunque non più per il Timeus. Nel 1927 ci fu il singolare esperimento sul Timavo ipogeo del prof. Massimo Sella con le anguille marcate alla pinna caudale, che riuscì e incuriosì il Timeus senza però coinvolgerlo, e nel 1928 ebbero luogo gli esperimenti con traccianti da parte della Commissione d'indagine, incaricata dalle RR. Grotte Demaniali di Postumia, formata da Gariboldi, Boegan e Perco, sulla Piuca e sul Rio dei Gamberi, commissione che, si legge: “...si rivolse alla cortesia del prof. Guido Timeus”, ma oltre, Timeus non andò.

Il “problema” del Timavo, nell'eredità del Timeus, visto con l'ottica idrogeologica e speleologica odierna

Sul pensiero del Timeus, rispetto alle conoscenze e interpretazioni odierne sul Timavo sotterraneo nel contesto idrogeologico del Carso, ci si può confrontare con le più recenti sintesi sull'argomento (Ballarin & Semeraro, 1997; Ballarin et al., 2000/a, 2000/b; Cucchi et al., 2000), nonché

attingendo alle ricerche idrologiche e alle scoperte speleologiche dell'ultimo decennio, facilmente reperibili. Pensiero necessariamente da correlare, e mediare, con quello dei suoi contemporanei.

È stato posto l'accento come ai tempi del Timeus si ventilasse un Timavo ipogeo legato, sì a grandi sistemi di gallerie ma sostanzialmente a una "condotta unica", e parallelamente a grandi bacini, o "grandi laghi" (teoria dei grandi laghi) (Forti, 1989, 2002). In effetti, Boegan e Timeus accennano a caverne (che, presumo, essi intendessero grandi), però non sappiamo, nel loro pensiero, esattamente che "peso", nell'acquifero, loro gli attribuivano.

Nella sua sintesi sul Timavo, Boegan (1938), trent'anni dopo quegli eventi, riassume: "L'ipotesi mostra che il fiume scorra sempre in un unico canale principale, attraverso una serie di caverne interrotte da sifoni, senza alcuna comunicazione con l'esterno, non essendovene nessuna degna di nota; non è da escludere che vi siano delle gallerie completamente sotto il livello del mare, annegate e pertanto sempre sotto pressione dovuta al carico delle acque". Timeus (1910/b), nel suo lavoro riassuntivo sui tracciamenti, si spinge, molto cautamente, sull'ostico argomento (e basandosi sui dati delle temperature e non dei traccianti!) dicendo solo: "...potrebbe esserci di indizio tanto dell'esistenza di grandi bacini sotterranei, quanto di un reticolato di canali, dove in breve tempo la temperatura dell'acqua arriva ad essere costante; però il sistema idrico del Timavo alla sua risorgenza, dove si constata dei pozzi, e l'esistenza del lago di Trebiciano, ci fanno pur ammettere la coesistenza di una serie di bacini e pozzi, e di un reticolato di canali".

Mentre sempre Timeus, nella famosa conferenza di Roma, del problema (o dell'ipotesi che dir si voglia) manco accenna (Timeus, 1912), rimanendo strettamente sui binari dei dati e delle metodologie. Solo moltissimi anni dopo, in chiusura del suo lavoro di sintesi (Timeus, 1928), immediatamente prima delle poche righe "in stile letterario" di commiato che seguiranno, egli si lascia andare a una frase dove, forse, si può cogliere il prodromo di un tale accento sull'argomento (se lo si legge nel contesto dell'intero lavoro): "...emerge che il Timavo non è da considerarsi quale un comune fiume carsico, bensì un vero emuntorio di immensi laghi e di molteplici corsi", frase che forse va semplicemente presa come un abbandono stilistico. Timeus, di là della passione e dell'emotività (sicuramente venuta col successo) con cui aveva condotto questi suoi studi, sempre nel massimo rigore scientifico, sapeva perfettamente che tra il "Lago morto" delle Grotte di San Canziano e la Grotta di Trebiciano e da qui alle "polle" (così considerate all'epoca) del Timavo a San Giovanni di Duino, del percorso del fiume sotterraneo si conosceva assolutamente nulla.

D'altra parte, ai tempi del Timeus e del Boegan, quando si parlava di "grandi caverne" e di "laghi sotterranei", sul Carso, l'immagine era quella della "Caverna Martel" a San Canziano, della "Caverna Lindner" a Trebiciano, e basta (mettiamoci pur dentro la grande caverna della Grotta Gigante, il risultato non cambia). In certi momenti Timeus è meno latente sulla questione dei "grandi laghi", quando nello studio sul Timavo inferiore (Timeus, 1912) scrive: "Se il Timavo non fosse l'emuntorio d'immensi laghi alimentati dal bacino idrico del Timavo superiore (Recca) e del bacino del Frigido (Vipacco), la sua portata non sarebbe anzi tutto così costante... etc.", e poi: "Anche le osservazioni sulle torbide valgono a sostenere la tesi dell'esistenza di laghi nel corso sotterraneo del Timavo... etc.". Quanto però ciò realmente risponde alla sua visione sul Timavo sotterraneo? Tali forti esternazioni sono, unicamente, contenute proprio nella relazione che si oppone al parere del Kinzer, per cui l'immagine che Timeus lancia su bacini d'acqua inesauribili, forse è un po' "strumentale", visto che egli sostiene con "assoluta convinzione", come scrive nel testo in oggetto, lo sfruttamento delle acque del Timavo.

La forzatura appare ancor più chiara poiché in calce al ponderoso studio egli riporta gli ordini del giorno votati delle due adunanze, ad hoc, delle Società scientifiche e professionali triestine riu-

nite, del 22 febbraio e del 3 novembre 1911, che invitano l'Inclita Rappresentanza cittadina a deliberare per il convogliamento a Trieste dell'acqua dal Timavo inferiore; ordini del giorno che sembrano "pilotati" a supporto.

I concetti, ad ogni modo, erano meno vaghi di quanto si creda. Più che a Timeus ci si deve riferire al Boegan, che tra il 1905 e il 1910 – nel pieno degli esperimenti – pubblica conoscenze e concetti sull'idrologia del Carso e sul Timavo sotterraneo (Boegan, 1905/6, 1909/10). Egli parla dell'esistenza nel sottosuolo carsico di una "... massa d'acqua ... consideriamola pure quale falda sotterranea ... che riposa nelle parti più profonde del calcare sta in diretta relazione colla quantità delle sue fenditure", richiamandosi alla visione del Bürkli (1870), per cui "...una specie di lago sotterraneo, cioè di un grande serbatoio d'acqua formato da una quantità innumerevole di maggiori e di minori fenditure e cavernosità, poste tra loro in comunicazione...". Ma anche – sempre con il Bürkli – il Timavo in un canale unico, suffragando la tesi con la trasmissione delle temperature e lo scarico in un unico punto senza perdite apparenti tra Sistiana, "...dove il manto arenaceo marnoso principia mancare lungo la costa...", e San Giovanni di Duino. Come valuta Radacich (1991), in effetti Bürkli non credeva nella presenza di un tale bacino idrico sotterraneo (come ipotizzato dall'ingegnere triestino Giuseppe Sforzi ai tempi della scoperta della Grotta di Trebiciano, sia pur come un reticolo di fratture e meati). Pongo l'accento sul fatto che, all'epoca, il Boegan conosceva la visione sull'idrologia carsica del Martel, ma sembra non conoscesse quella di Grund (1903) giacché ancora non lo cita, e tanto meno quella di Katzer (1909), che si mediano tra loro nella visione di un acquifero carsico in rete (entrambi si formarono sui carsi delle Dinaridi meridionali): i loro trattati escono in quegli anni, ma evidentemente la diffusione dei testi scientifici non era rapida come oggi.

Ai tempi del Boegan e del Timeus la geologia del Carso aveva fatto pochissimi passi in avanti. Secondo Forti (1989) che ha approfondito la questione, gli studiosi locali erano ancora influenzati dalla vecchia concezione del Taramelli, poi ripresa dal Kossmat, che sosteneva come in profondità esistesse un livello geologico acquicludibile funzionale al – cito – "reticolato di fratture ... per poi unificarsi in più importanti meandri a contatto con la creta impermeabile". Tralasciando il fatto dell'inesistenza, nella stratigrafia del Carso, della "creta impermeabile", negli ultimi quarant'anni si è discusso parecchio della possibile funzione delle litologie dolomitiche. Ancor oggi per nulla chiaro è il ruolo, o l'eventuale ruolo, in profondità, del Complesso dolomitico cenomaniano, secondo la stratigrafia slovena (Jurkovšek et al., 1996) le rocce dolomitiche della Povirska formacija (Povir Formation, it. Formazione di Povir, attribuita all'Albiano-Cenomaniano), e ancora meno è chiaro per quelle della sottostante Brska Formacija (Brje Formation, it. Formazione di Brje, attribuita al Barremiano-Aptiano); quesito sviluppato negli anni Settanta dello scorso secolo. Si tratta di potenti spessori di rocce dolomitiche, dell'ordine di centinaia di metri, che si ritrovano nelle zone più profonde del Carso, e che potrebbero provocare condizionamenti sul carsismo ipogeo stante la minore carsificabilità rispetto ai termini francamente calcarei, ove peraltro si osserva la massima espressione dei fenomeni carsici, sia epigei sia ipogei.

A tal proposito se in alcune zone profonde, nelle rocce dolomitiche, è stato osservato come il carsismo ipogeo si riduca (in modo relativo) sostanzialmente laddove i deflussi (o i paleo-deflussi) sono stati minimi (Merlak & Semeraro, 1970; Semeraro, 1975) (sistemi vadosi di pozzi), nelle stesse zone, come in altre, proprio in queste rocce si è formato uno sviluppo chilometrico di gallerie attive del Timavo ipogeo, e quelle dello stadio immediatamente superiore. Ciò è certo, poiché campionamenti hanno appurato la presenza delle rocce dolomitiche del "complesso" citato nelle parti inferiori/basali dell'Abisso dei Serpenti (Semeraro, 1982), dell'Abisso di Trebiciano (o Grotta di Trebiciano) (Forti et al., 1979) e della Grotta Lazzaro Jerko (Cucchi et al., 2000; Forti & Forti,

2000), dove tale presunto condizionamento non appare. Si tratta, in ogni caso, di aspetti del carsismo ipogeo principalmente studiati e dibattuti dagli studiosi italiani, mentre per quelli sloveni hanno avuto poca considerazione.

Quesito aperto – che traspare fin dagli scritti del Timeus e del Boegan al tempo degli eventi – è, sicuramente, il ritrovamento (leggi anche l'esistenza) di possibili, importanti per dimensioni e portata, gallerie attive (vadose o freatiche) affluenti nella condotta del Timavo ipogeo (usando termini moderni, il cosiddetto sistema dendritico). Per le attuali conoscenze, nelle grotte a valle della Ka na jama/Abisso dei Serpenti, gallerie di una simile idrografia, ancora non sono state trovate. Mentre il reticolo basale ai Serpenti mostra, sostanzialmente, sì un sistema di canali di diffluenza e confluenza, ma legati all'evoluzione di un processo di divagazione laterale, sedimentazione, abbassamento per erosione e suture, delle stesse gallerie del Timavo, per le grandi cavità sommerse a Trebiciano, causa prima la ridottissima visibilità sott'acqua, poi la mancanza di rilievi e dati, non si è in grado di dare giudizi. In generale, potrebbero anche non esserci, tuttavia è difficile non ipotizzarne l'esistenza.

Quesito più volte dibattuto è quello dell'esistenza, o meno, di più percorsi sotterranei del Timavo, o per lo meno di "sistemi" di gallerie che il fiume percorrerebbe. Qui, la carenza di dati diretti è assoluta. Senza parlare che le ingenti perdite del fiume, talora totali, nei calcari a monte di San Canziano non sono mai state rintracciate (poiché sono Timavo anch'esse... formano un "altro Timavo"?). Tralasciamo per un momento l'ipotesi del Boegan (1938), frutto dell'evoluzione del suo pensiero trentennale sull'idrologia carsica (Boegan, 1905/6, 1909/10, 1921) – vedi anche Forti (1989) – il quale ipotizza un grande ramo sommerso sottostante alle gallerie areate/semi-areate a livello di falda del Timavo, a valle di Trebiciano. E consideriamo pure che le idee del Boegan nel 1938 non sono precisamente le stesse che aveva prima della guerra, giacché sono mediate dall'accettazione dei concetti del De Marchi (1916), fisico e geografo fisico (1857-1936) che sostenne, per il Carso, l'"acqua di base" al cui livello scorrevano corsi d'acqua ipogei. Oggi tutti i dati indiretti in nostro possesso, almeno fino alla Grotta Lazzaro Jerko, indicherebbero una condotta (forse frazionata?) di notevoli dimensioni che giustificerebbe la grande, veloce, "immediata", trasmissività sia dei traccianti sia dei parametri idraulici, fisici e chimico-fisici rilevati (Cucchi et al., 2001; Gabrovšek & Peric, 2006), e così pure per il tratto fino alle risorgenze, dove gli impulsi sono molto rapidi (Cucchi & Zini, 2002), il tutto mediamente in linea con le velocità dedotte dal Timeus.

Per quanto riguarda invece canalizzazioni sotto il livello piezometrico di falda, con le esplorazioni subacquee delle bocche del Timavo si sono percorse grandi gallerie che raggiungono gli 82 metri di profondità, cioè 80,7 m sotto l.m. posto il livello medio degli sbocchi a 1,3 m s.l.m. Tenendo conto dell'erosione innescata dall'abbassamento del livello marino in vari periodi del Quaternario (se non vogliamo prendere in considerazione quella più lontana del Messiniano) che dovrebbe aver approfondito le gallerie, e poi dell'ingressione marina, anche recente (Olocene, e in atto), queste si sarebbero sommerse di parecchi metri oltre la quota del relativo livello epifreatico che le ha generate; tanto che grandi gallerie sifonanti profonde almeno 21 metri misurati si trovano già nella Grotta di Trebiciano. Ma questo quadro già complesso si complica viepiù tenendo conto che l'"autoctono istriano", in abbassamento, è in sottoscorrimento rispetto alla "faglia di Trieste" bordante il Carso, mentre quest'ultimo è in innalzamento, e ambedue le unità lo sono con velocità elevate, in base alle recenti ricerche dei geofisici sloveni; senza contare di non poter scindere dal problema gli attuali tassi di sedimentazione continentale e marina e il già ricordato incremento del livello dell'Adriatico settentrionale.

Rimanendo strettamente al percorso del Timavo, assai poco di più si sa dai tempi di prima

della Grande Guerra, per cui il Timeus disponeva di chiavi di lettura non molto più avanzate di quelle odierne. In un secolo di ricerche speleologiche successive, rare sono state le grotte in cui si è potuto raggiungere il Timavo: tutte ubicate nei punti ancora segnati da Adolf Schmidl nel 1851 durante le sue ricerche sul Carso, che gli furono incaricate dall'i.r. Ministero del Commercio in previsione della costruzione della ferrovia Trieste-Lubiana, cioè i punti “soffianti” (poi integrati da Polley) (Schmidl, 1851; Polley, 1908; Šušteršič, 1972; Galli, 2000/b), e pochi altri in più.

In altre parole, come s'intuisce (Marini, 1980), solo la speleologia è venuta incontro alla vera ricerca del Timavo sotterraneo, e attraverso scavi colossali in quelle poche grotte, dove gli speleologi triestini e sloveni hanno rintracciato (dopo Schmidl) il cosiddetto “soffio timavico”. Evidentemente, il boemo Adolf Schmidl si può ben meritare l'appellativo di padre della moderna speleologia scientifica (Shaw, 1980). In sostanza, oggi il Timavo sotterraneo, dopo i sifoni delle Grotte di San Canziano/škocjanske jame, si rintraccia (in ordine di quote del livello idrico) nel Brezno pri Risniku (treh generacij) (it. Abisso della dolina Risnik) poco a sud di Diva a/Divacia, nella storica Ka na jama (o Abisso dei Serpenti) poco a ovest di Divacia, nella Jama 1 v Kanjaducah (it. Grotta I di Kanjaduca) poco a sud-est di Sežana/Sesana, nel Brezno v Stršinkni dolini (it. Abisso della dolina Stršinkn) presso Orlek dove si è recentemente penetrati anche dalla vicina Jama sežanske Reke (it. Grotta della Reka di Sesana), indi nello storico Abisso di Trebiciano (o Grotta di Trebiciano) e infine nella Grotta Lazzaro Jerco presso Ferneti.

In tutte queste grotte, di caverne gigantesche, che potrebbero adire a un'immagine di “lago sotterraneo”, c'è solo quella sul fondo di Trebiciano, in tutti gli altri casi ci si trova di fronte a gallerie, talora anche veramente grandi (del “rango” di un fiume sotterraneo come il Timavo) e caverne che sono ampliamento delle stesse gallerie. Nulla però che farebbe pensare, su ampia scala, a una “valle sotterranea di grandi caverne e laghi”. Immagine, del resto, che già immediatamente dopo la Seconda Guerra Mondiale, cioè negli anni Cinquanta dello scorso secolo, da parte degli speleologi ricercatori dell'epoca, come Walter Maucci, era svanita (Semeraro, 2009); infatti, nel 1953 il grande speleologo triestino dice (Maucci, 1953): “La caverna Lindner non è l'ultima di una serie di caverne percorse dal fiume, bensì una particolarità di carsismo profondo isolata e dovuta a condizioni litologiche e tettoniche locali”.

Timeus, pertanto, fu molto cauto e non si lasciò abbagliare da fantasticherie; comunque si attenne allo stretto riscontro di dati. D'altronde, la difficoltà di capire è tale, se non da scoraggiare l'approccio intellettuale da costringerlo però a confrontarsi con interpretazioni non nel solco del pensiero consolidato: tanto per comprenderci, come speculare ad esempio sul brusco volgere a WSW del Timavo sotterraneo dopo i Serpenti, e poi tra la Grotta I di Kanjaduca e Trebiciano con un altrettanto brusco gradiente di quota? Che dire, poi, di altri fenomeni, a scala minore? Ci sono corsi d'acqua in inghiottitoi o collettori, come la Mejame (presso Dane) e il Davorjevo Brezno (Abisso Davor) (presso Ka i e), che apparentemente si dirigerebbero verso il Timavo ipogeo, di cui ignoriamo il recapito non essendo mai stati eseguiti tracciamenti.

Rimarco l'apparentemente, che in idrogeologia carsica è eufemico di “nulla”. Possiamo solo cogitare sui recenti tracciamenti in cavità nell'area marginale del Carso in destra della Val Rosandra (Brun & Semeraro, 2005), dove le direzioni cosiddette apparenti, alla prova dei fatti si sono rivelate totalmente infondate, anzi opposte. Timeus stesso, quando marcò in alveo le perdite nei calcari del Timavo superiore a Vreme (it. Auremo/Auremio) (all'epoca circa il 30% in regime medio, oggi oltre del 50% e saltuariamente totali in magra), poco più di 4 km in linea d'aria prima di San Canziano, immettendo cloruro di cesio nelle fratture, nelle Grotte di San Canziano non accertò il tracciante.

C'è da dire che dal secondo dopoguerra (Semeraro, 1984) il problema del Timavo ipogeo

(strettamente tale) non fu in primo piano, giacché gli studiosi furono soprattutto catalizzati dal quesito prepotentemente sorto, cioè avvalorare o smentire, o controbattere che dir si voglia, quanto sostenuto da Franc Bidovec dell'Hidrometeorološki Zavod di Lubiana (Jugoslavia) in merito alla prevalenza di acque di derivazione dal subalveo del Fiume Isonzo nella portata delle bocche del Timavo (Bidovec, 1957, 1967). Quesito che, negli anni, con lo stemperarsi delle tensioni geopolitiche locali divenne “più scientificamente” un verificare.

Dopo una serie di studi idrochimici che occuparono oltre un trentennio (particolarmente sviluppati da studiosi come Mosetti, Gemiti, Longinelli, etc.), e che andarono lentamente nella direzione di quanto sostenuto da Bidovec, alla fine, un recente bilancio isotopico conferma tale prevalenza (Doctor et al., 2006; Doctor, 2008). C'era e c'è dunque da chiedersi – se non altro come esercizio del pensiero – “cosa” possa essere il Timavo, per lo meno nella zona nord-occidentale del Carso più vicina alle risorgenze. Verso le difficoltà oggettive delle scienze in evoluzione, che hanno limiti e barriere, nel dare risposte mirate (tanto meno precise) al “problema Timavo”, in una sorta di bilanciamento, anche se di reattività assai dura e lunga da ottenere, il contributo al “problema” negli ultimi decenni ricadde nuovamente sulla speleologia. Specie con l'evolversi delle tecniche di scavo e di disostruzione in grotta da parte degli speleologi, i quali – ad alto prezzo di fatica e impegno – riuscirono, almeno, a raggiungere alcune nuove “finestre” sul Timavo ipogeo e sulla falda carsica. Oggi, sul Timavo sotterraneo, poco di più di quanto Timeus concepiva, e con lui il Boegan, si sa, e moltissimo di quel poco è frutto della speleologia, che sicuramente in futuro farà nuove scoperte.

Guido Timeus non fu uno speleologo. Tralasciando sull'intima relazione tra la speleologia e gli studi sull'idrologia del Carso, va precisato che Timeus, sulla materia, aveva il “suo” punto di vista, e lo portava avanti con mezzi e una visione al di fuori della speleologia. Posso ragionevolmente pensare che in materia di grotte si affidò al sapere di altri, e non c'è dubbio al Boegan. Timeus ad ogni modo teneva in alta considerazione la speleologia, cogliendone gli aspetti scientifici. Timeus intraprese questi studi per lavoro, poiché richiesti dalla necessità di Trieste, all'inizio del XX secolo, di risolvere il problema della mancanza d'acqua che assillava da decenni. Tuttavia, il dovere d'ufficio non nasconde un suo vivo interesse per la materia (che, s'intuisce, travalicava il puro obbligo nel servizio), forse perché consapevole della grandezza del quesito scientifico da affrontare. Come studioso, anche se formatosi agli studi accademici nell'Ottocento, la sua impostazione scientifica era tecnica e moderna, fatta di metodi, strumenti, analisi, prove, numeri, e assai poco naturalistica. Anche se, quella “curiosità” tipica dell'Ottocento, l'aveva, ma rapportata a principi e verifiche, tanto che egli, quando s'interessò di raddomanzia e raddomanti, testando con metodo scientifico sperimentale, il “potere” di quel tipo di persone, accertandosene, suggerì che la tecnica, proficua nei quesiti d'idrologia sotterranea, poteva essere campo di studio per fisiologi e fisici. E qui si vede la modernità di Timeus.

Le ricerche con i traccianti di Timeus sul Timavo – ricordiamolo ancora, all'epoca il fiume carsico più noto al mondo e avvolto dal mistero – ebbero vasta eco nella comunità scientifica internazionale di un secolo fa. Notizie e dati, commenti o recensioni, furono ripresi un po' in tutto il mondo. Tra il 1907 e il 1910 se ne trovano in riviste e libri editi, oltre che a Trieste, a Vienna, a Roma, a Torino, a Lipsia, a Parigi, a Città del Messico, e avanti, anche grazie alla corrispondenza del Timeus con laboratori, accademie e redazioni di bollettini scientifici che – data la consuetudine dell'epoca – sembra essere stata fitta e costante. I successi sul problema delle “origini del Timavo”, vengono citati dai maggiori studiosi della materia del tempo, da Norbert Krebs ad Alfred Hettner, da Eduard Alfred Martel ad Alfred Grund, a riprova della notorietà internazionale che Timeus raggiunse. Forse Grund (che prima degli esperimenti negava ci fosse comunicazione diretta tra la Reka

e il Timavo), applicandosi, a quei tempi avrebbe potuto concettualizzare meglio il problema del Timavo, ma morì soldato nel 1914 presso Belgrado, nella Grande Guerra.

Resta da dire che, se sull'idrogeologia del bacino del Timavo si sono susseguite, in un secolo, ricerche sempre più moderne che hanno effettivamente chiarito molti interrogativi, tanto che oggi disponiamo di un ponderoso corredo di dati idrologici e chimico-fisici e di conoscenze piuttosto avanzate, altrettanto non si può dire per il Timavo sotterraneo *sensu strictu*. Sul Timavo ipogeo – rimarchiamolo un'ultima volta – non molto di più si conosce dal tempo degli esperimenti del Timeus. Pochissimo si sa del suo percorso: sei punti noti, mentre Timeus e Boegan ne conoscevano due (Trebiciano e ai Serpenti dove era supposto). Pochissimo si sa della conformazione delle gallerie (anche se si tende a immaginarle simili a quelle della Ka na jama/Abisso dei Serpenti, areate o sommerse, esplorate dai sub); nulla, nel modo più assoluto, nelle zone più nord-occidentali del Carso, dove dovrebbero cominciare a svilupparsi nei calcari molto carsificabili; nulla, sempre nel modo più assoluto, su dove corrano e come si presentino in quell'area nord-occidentale dove si presume siano completamente annegate (e come reagisce il Timavo in quell'area... fiume come corrente nell'acqua di fondo o distinta canalizzazione?). Interrogativi che un secolo fa Timeus si è certamente posto, ma per la sua cultura scientifica neanche li mise per iscritto nei suoi studi giacché troppo “evanescenti”.

Certamente però Guido Timeus (pur lasciandoci incuriositi per pensieri mai espressi, magari di grande visione) pose una pietra miliare sulla conoscenza del Timavo e dei sistemi carsici limitrofi, con dati e scoperte che, a ragion veduta, possiamo affermare abbiano superato la barriera del tempo. Un caposcuola. Uno scienziato di matrice austro-ungarica, ma italiano, che destò, in ambito internazionale, l'ammirazione dei suoi contemporanei, e di noi oggi che, a un secolo, lo onoriamo.

BIBLIOGRAFIA

- BALLARIN L., D'AMELIO L., KROKOS A., SERRA F. & SEMERARO R., 2000/a. *Trieste Karst aquifer: review of hydrogeology and geochemistry*. COST Action 621 “Groundwater management of coastal karstic aquifers”, 7th Management Committee Meeting, Karst Research Institute, Postojna 23-25 March 2000, Guide-Booklet for the excursion, 20 pp.
- BALLARIN L., D'AMELIO L., FORTI FU., GENTILI V., PISELLI S., RAPONI A., SEMERARO R. & VANON R., 2000/b. *The karstic aquifer in the region of the “Carso”: review of hydrogeology and geochemistry*. *Ipogea*, 3, 13-32.
- BALLARIN L. & SEMERARO R., 1997. *Geologia, geomorfologia e carsismo, geoidrologia e idrologia carsica, geologia tecnica, della zona di Trieste*. *Ipogea*, 2, 39-116.
- BIDOVEC F., 1957. *Prispevek Nostranjske Reke k vodnim mozinam kraskih izvirov v provodju Timava*. 10 let Hidrometeoroloske sluzbe, Zbornik HMZ, 29-43, Lubiana; trad. *Il contributo della Nostranjska Reka alle quantità d'acqua delle sorgenti carsiche del Timavo* su *Tecnica Italiana*, 1960 25 (6), 413-422.
- BIDOVEC F., 1967. *The hydrosystem of karstic springs in the Timavo Basin*. Symp. Hydrology of Fractured Rocks, Dubrovnik 1965, v. 1, AIHS, London, 263-274.
- BOEGAN E., 1905/06. *Le sorgenti di Aurisina con appunti sull'idrografia sotterranea e sui fenomeni del Carso - Alpi Giulie*, 10 (3-4-5), 11 (1-2-3), Tip. Caprin, Trieste, 126 pp.

- BOEGAN E., 1909/10. *La Grotta di Trebiciano*. Alpi Giulie, 14-1909 / 15-1910, 1-66.
- BOEGAN E., 1921. *La Grotta di Trebiciano (studi e rilievi dal 1910 al 1921)*. Alpi Giulie, 23, 1-42.
- BOEGAN E., 1938. *Il Timavo. Studio sull'idrografia carsica subaerea e sotterranea*. Mem. Ist. It. Spel., s.e Geol. e Geof., 2, 251 pp.
- BRUN C. & SEMERARO R., 2005. *Test di tracciamento della Fessura del Vento (Val Rosandra, Carso): nuove ipotesi sull'idrogeologia carsica dell'area*. Atti Conv. It. Tem. Spel., "Imagna 2005", S. Omobono Terme (Bg), 28-31 ottobre 2005: 97-107.
- BÜRKLI A., 1870. *Relazione dell'ingegnere A. Bürkli di Zurigo in risposta ai quesiti proposti dalla Commissione Municipale incaricata degli studij sui provvedimenti d'acqua della città di Trieste*. Tip. Apollonio e Caprin, Trieste, 64 pp.
- COSTANTINI A., & TIMEUS G., 1914. *Parere sul provvedimento d'acqua dalla caverna di Trebiciano*. Consiglio Comunale di Trieste. Allegato al resoconto stenografico della seduta pubblica del 6.5.1914, 185-189, Trieste.
- CUCCHI F., CASAGRANDE G., MANCA P. & ZINI L., 2000. *Geologia e geomorfologia della Grotta meravigliosa di Lazzaro Jerko: note preliminari*. Progressione 43, 57-61.
- CUCCHI F., CASAGRANDE G., MANCA P. & ZINI L., 2001. *Il Timavo ipogeo tra l'Abisso di Trebiciano e la Grotta Meravigliosa di Lazzaro Jerko (Carso Classico Triestino, Italia)*, Le Grotte d'Italia, s. V, 2 (2000), 39-48.
- CUCCHI F., FORTI P., MARINETTI E. & ZINI L., 2000. *Recent developments in knowledge of the hydrogeology of the Classical Karst*. Acta carsologica, 29/1, 55-78.
- CUCCHI F., & ZINI L., 2002. *Underground Timavo river monitoring (Classical Karst)*. Acta carsologica, 31/1, 6, 75-84.
- DE MARCHI L., 1916. *Le acque del Carso*. Scientia, Bologna, 20, 90-100.
- DOCTOR D.H., ALEXANDER E.C. JR., PETRI M., KOGOVŠEK J., URBANEC J., LOJEN S. & STICHLER W., 2006. *Quantification of karst aquifer discharge component through end-member mixing analysis using natural chemistry and stable isotopes as tracers*. Hydrogeology Journal, 13, 1171-1191.
- DOCTOR, D.H., 2008. *Hydrologic connections and dynamics of water movement in the classical Karst (Kras) aquifer: Evidence from frequent chemical and stable isotope sampling*. Acta carsologica, 37/1, 101-123.
- FORTI F., 1989. *Il pensiero di Eugenio Boegan sull'idrologia carsica*. Atti Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 28-1989, 15-53.
- FORTI F., 2002. *Gli studi sul Timavo ipogeo. Nel ricordo di Eugenio Boegan e di Guido Timeus*. Alpi Giulie, 96/1, 44-70.
- FORTI F. & FORTI FU., 2000. *La situazione geocarsica della "Grotta Lazzaro Jerko" (notizie preliminari)*. Progressione 43, 48-56.
- FORTI F., SEMERARO R., ULCIGRAI F., 1979. *Carsogenesi e geomorfologia dell'Abisso di Trebiciano*. Atti Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 18, 51-99.
- GABROVŠEK F., PERIC B., 2006. *Monitoring the flood pulses in the epiphreatic zone of karst aquifers: the case of Reka River system, Karst plateau, SW Slovenia*. Acta carsologica, 35/1, 35-45.
- GALLI M., 1999. *Timavo. Esplorazioni e studi*. Suppl. n. 23 di Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", 195 pp.
- GALLI M., 2000/a. *Il Timavo. Una sintesi idrogeologica*, "In Alto", IV, LXXXII-2000, 55-90.
- GALLI M., 2000/b. *La ricerca del Timavo sotterraneo*. Ed. Museo Civ. St. Nat. Trieste, 174 pp.
- GRUND A., 1903. *Die Karsthydrographie: Studien aus Westbosnien*. Geog. Abh. heraus. von A. Penck, 7, 103-200.

- JURKOVŠEK B., TOMAN M., OGORELEC B., SRIBAR L., DROBNE K., POLJAK M. & SRIBAR L., 1996. *Formacijska geološka karta južnega dela Tršasko-Komenske planote. Kredne in paleogenske karbonatne kamnine, 1:50.000*. Institut geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana, 143 pp.
- KATZER F., 1909. *Karst und Karsthydrographie*. Zur Kunde der balkanhalbinsel, Reisen und Beobachtungen, Sarajevo, Kajon, 8 (3), 94 pp.
- KRANJC A., 1994. *About the Name and the History of the Region "Kras"*. Acta carsologica, 23, 81-90.
- MARINI D., 1980. *Plesiocriptoscopia tra politica e scienza*. Progressione 6, 2-4.
- MARTEL E.A., 1894. *Les Abîmes*. Ed. Librairie Charles Delagrave, Paris, 1-578 pp.
- MARTEL E.A., 1909. *Le problème du Timavo-Recca (Istrie)*. La Nature, Paris, 37, 281-284.
- MARTEL E.A., 1921. *Nouveau traité des eaux souterraines*. Doin, Paris, 146 pp.
- MAUCCI W., 1953. *Organizzazione tecnica e risultati delle ricerche sul corso ipogeo del Timavo (1952-53) (Carso Triestino)*. Prem.Congr. Inter. Spéléo., Paris 1953, to. 2: 201-213.
- MERLAK E., SEMERARO R., 1970. *Paracarsismo nei calcari neri e nerastri impuri degli abissi a nord di Opicina (Carso Triestino)*. Ann. Gr. Grotte Ass. XXX Ottobre, 4, 7-18.
- PIACENTINI G., 1912. *Contributi alla soluzione del problema dell'acqua*. Ufficio Idrotecnico Comunale, Trieste, 47.
- POLLEY A., 1908. *Zusammenstellung über den unterirdischen Lauf des Karst-wasser*. Triest.
- RADACICH M., 1991. 1841-1991. *Un anniversario da ricordare. Provvedimenti d'acqua per la città di Trieste nel secolo XIX con riferimento alla Grotta di Trebiciano (VG 17)*. Alpi Giulie, 85/1-1, estr. 29 pp.
- SCHMIDL A., 1851. *Ueber den unterirdischen Lauf der Recca*. Sitzungsberichte der Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der königl. Akademie der Sissenschaften, Wien, 655-682.
- SEMERARO R., 1975. *Geomorfologia carsica ipogea delle rocce carbonatiche del Carso Triestino*. Mondo Sotterraneo, n. un. 1974-75, 21-64.
- SEMERARO R., 1982. *Nuovi aspetti geologici, geomorfologici e geoidrologici dell'Abisso dei Serpenti (Slovenia, Jugoslavia) emersi dalle campagne esplorative svolte dal 1971 al 1975*. In: A. Dini & G. Tarabocchia, *L'Abisso dei Serpenti*. Ed. "Italo Svevo", Trieste, 65-74.
- SEMERARO R., 1984. *La rinascita della speleologia regionale*. In: *Enciclopedia monografica del Friuli-Venezia Giulia*. La ricerca scientifica. 1° aggiornamento, pp. 277-314 (estratto 37 pp).
- SEMERARO R., 2009. *La visione di Walter Maucci sul carsismo e sull'idrogeologia carsica: sintesi del suo contributo scientifico*. In: S. Dambrosi & R. Semeraro (a cura di), 2009. *Walter Maucci (1922-1995): speleologo scienziato triestino. Scritti memorialistici e celebrativi*. Ed. Società Adriatica di Speleologia, Trieste, 65-77.
- SEMERARO R., 2010. *San Canziano a 120 anni dalla conclusione della grande esplorazione ottocentesca: un momento di riflessione per considerare nella giusta luce l'anniversario*. "Cronache ipogee", rivista on-line, dicembre 2010, n. 11, 8-11.
- SEMERARO R., 2011. *Cent'anni dagli studi idrologici pionieristici e fondamentali mediante traccianti artificiali, di Guido Timeus, per la prova della continuità tra il Fiume Reka e il Timavo inferiore*. "Cronache ipogee", rivista on-line, febbraio 2011, 2, 9-13.
- SHAW T.R., 1980. *Adolf Schmidl (1802-1863) the father of modern speleology?* Int. Jour. Speleology, 10 (3-4), 253-267.
- ŠUŠTERŠIČ F., 1972. *Med Škocjanom in Labodnico*. Proteus, Ljubljana, 35 (5), 212-215, 239, 35 (6), 281-287, 35 (7), 320-322.
- TIMEUS G., 1906. *Contributo agli studi idrologici della Regione Giulia*. Trieste, Tip. Caprin, Trieste.
- TIMEUS G., 1910/a. *Sui mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea*. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat., 25, pa. 2ª,

217-231.

TIMEUS G., 1910/b. *Studi in relazione al provvedimento d'acqua per la città di Trieste. Dati idrologici, chimici e batteriologici*. Comune di Trieste, Fisicato civico, Ufficio d'igiene, Stab. Art. Tip. G. Caprin, Trieste, 81 pp.

TIMEUS G., 1912/a. *Sul contributo di Pietro Kandler agli studi d'idrologia*. "Pagine istriane", Tip. C. Priora, Capodistria, 10 (4-6), 122-130.

TIMEUS G., 1912/b. *Il litio e la radioattività, quali mezzi d'indagine nell'idrologia sotterranea. L'origine del fiume Timavo*. Estr. Atti Soc. It. Progresso delle Scienze, 5^a riunione, Roma, ottobre 1911, Tip. Naz. Bertero e C., Roma, 1-17.

TIMEUS G., 1912/c. *Ricerche sul Timavo inferiore. Osservazioni al parere conclusionale del Dott. Kinzer e note riflettenti il provvedimento d'acqua di Trieste*. Municipio di Trieste, Lab. chimico e batteriologico del Civico fisicato (Ufficio d'Igiene) di Trieste, Stab. Artistico Tip. G. Caprin, Trieste, 81 pp.

TIMEUS G., 1924. *Le indagini sulle origini delle acque sotterranee con i metodi fisici, chimici, biologici*. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat., 22, pa. 2^a, 41-50.

TIMEUS G., 1926. *Le indagini su l'origine delle acque sotterranee*. In: L.V. Bertarelli & E. Boegan, *Duemila Grotte, quarant'anni di esplorazioni nella Venezia Giulia*. Touring Club Italiano, Milano, 470 pp.

TIMEUS G., 1928. *Nei misteri del mondo sotterraneo. Risultati delle ricerche idrologiche sul Timavo 1895-1914, 1918-1927*. Alpi Giulie, a. 29, 1-39.

VORTMANN G. & TIMEUS G., 1910/a. *Indagini sulla radioattività delle acque della Regione Giulia*. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat., 25, pa. 2^a, 237-246.

VORTMANN G. & TIMEUS G., 1910/b. *L'applicazione del cloruro di litio nelle indagini d'idrologia sotterranea. Le origini del Timavo*. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat., 25, pa. 2^a, 233-237.

VORTMANN, G. & TIMEUS G., 1910/c. *L'applicazione di sostanze radioattive nelle ricerche d'idrologia sotterranea*. Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat., 25, pa. 2a, 247-260.

