

**Alfredo BINI\*, Stefano ROSSI\*, Graziano FERRARI\*\***

**OSSERVAZIONI SULLA GEOMORFOLOGIA  
E LA SEDIMENTOLOGIA DE LA CAERNA  
(SPINO AL BREMBO: BERGAMO)**

**RIASSUNTO:** "La Caerna" di Spino al Brembo è stata descritta e rilevata dal Gruppo Grotte "I Tassi" nel 1987.

Un nuovo studio morfologico e sedimentologico ha permesso di inquadrare lo sviluppo di questa cavità nel contesto della geologia e dell'evoluzione geomorfologica della Val Brembana. Con l'analisi dei depositi alluvionali, di colata in massa e di decantazione presenti nella grotta è stata ricostruita una sequenza complessa di eventi (fig. 7); questa sequenza è stata messa in relazione all'evoluzione fisiografica e climatica Tardo Terziaria e Pleistocenica del tratto di valle, in particolare con l'abbassamento del fiume Brembo e con l'influenza delle glaciazioni. Dal punto di vista morfologico sono state descritte forme particolari quali pozzi a fondo piano e volte piane; è stato inoltre possibile evidenziare tracce di attività neotettonica.

**SUMMARY:** "La Caerna" cave, at Spino al Brembo (Brembo Valley, Bergamo), has been already described by the Speleological Association "I Tassi" (1987). On the ground of new morphologic and sedimentologic observations, the evolution of the cave is related to the Late Tertiary and Pleistocene climatic and geomorphologic changes of the Brembo Valley, v.e. to its deepening and the glacial events which took place there. A complex sequence of sedimentary phases has been reconstructed by means of analysis of alluvial, debris flow, mud flow and decantation deposits. From the morphological point of view ceiling channels with flat roof and flat floor shafts have been described. Moreover evidences of neotectonic activity have been found.

**PAROLE CHIAVE:** Idrogeologia, Carsismo, Sedimentazione, Bergamo, (Lombardia, Italia).

**KEY WORDS:** Hydrogeology, Karst, sedimentation, Bergamo (Lombardy, Italy).

\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano

\*\* Gruppo Grotte I Tassi, Milano

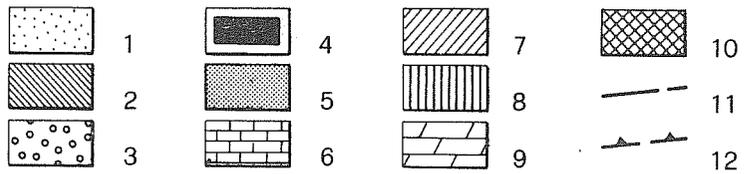
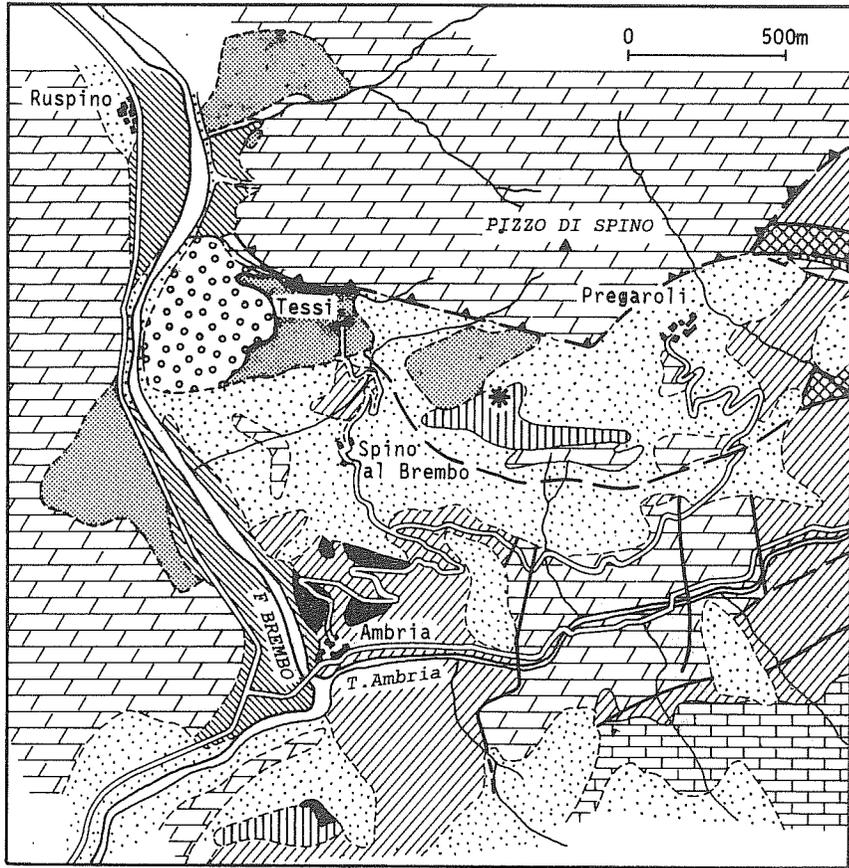


Fig. 1: Carta geologica schematica (da Jadoul, Monesi, Rossi e Bini, in stampa, semplificata).

1 Complesso Sedimentario olocenico-postglaciale: depositi incoerenti. In facies di versante: diamicton a elementi spigolosi e supporto di matrice; in facies alluvionale: ghiaie a matrice sabbiosa e sabbie. (Olocene - Pleistocene sup.).

2 Complesso Glaciale del Brembo: depositi incoerenti. Facies alluvionali: ghiaie e matrice sabbiosa, supporto di matrice e clastico, sabbie. (Pleistocene sup.)

3 Complesso Sedimentario di Pianca: depositi incoerenti in facies di versante: diamicton a elementi spigolosi, supporto talora di matrice; depositi di frana a grossi blocchi. (Pleistocene sup. - medio ?)

4 Complesso Sedimentario di Endenna: depositi incoerenti in facies alluvionali: ghiaie a supporto di matrice sabbiosa, profondamente alterate. (Pleistocene inf.? - Neogene S. L.).

5 Complesso Sedimentario del M. Culmine: facies di versante: conglomerati a clasti spigolosi e litologie carbonatiche, supporto prevalentemente clastico, talora carsificati. (Pleistocene medio - Pliocene ?)

6 Calcere di Zu: calcari grigi ben stratificati, in strati planari da 10 a 100 cm, intercalati da marne e argilliti scure laminate. (Retico)

7 Argilliti di Riva di Solto: argilliti nere e brune laminate, intercalate da calcari bruni e grigi. (Norico sup)

8 Calcere di Zorzino: calcari neri in strati planari da 1 a 30 cm, con giunti marnosi millimetrici, laminati. (Norico sup).

9 Dolomia Principale: dolomie grigio chiaro massive; Dolomie Zonate: dolomie grigio scuro in strati planari di 5-30 cm. (Norico).

10 Formazione di S. Giovanni Bianco: marne e argilliti verdastre e rossastre intercalate da dolomie giallastre. (Carnico sup)

La posizione della Caerna è indicata da un asterisco.

### **INTRODUZIONE**

La Caerna di Spino al Brembo benchè sia una cavità nota ormai da molto tempo, solo recentemente è stata esplorata in modo sistematico e rilevata da parte del Gruppo Grotte I Tassi, ed è stata oggetto di una breve nota morfologica (Anonimo, 1987). In occasione del rilevamento geologico della Valle Brembana abbiamo ritenuto opportuno visitare la grotta per analizzare più in dettaglio i riempimenti in essa presenti per le implicazioni che questi potevano avere nella ricostruzione dell'evoluzione della valle.

Alla luce di quanto visto abbiamo ritenuto utile pubblicare alcune considerazioni aggiuntive a quanto già detto dagli speleologi del Gruppo Grotte I Tassi.

### **INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE**

La Caerna si sviluppa entro una successione di Calcarea di Zorzino di oltre 100 m di spessore; tale unità, di età Norico superiore, è caratterizzata da calcari da grigio scuri a neri, in strati planari da 1 a oltre 30 cm, con interstrati marnosi laminati, in quest'area ridotti a pochi millimetri. Inferiormente il Calcarea di Zorzino si trova in contatto con il membro delle Dolomie Zonate della Dolomia Principale (Norico), costituito da dolomie scure ben stratificate; superiormente passa alle Argilliti di Riva di Solto (Norico sup), costituite da argilliti laminate e subordinati calcari grigi in strati planari.

La massa di Dolomia Principale schietta, con dolomie grigio chiaro massive, che costituisce il Pizzo di Spino, si trova in contatto tettonico con le unità appena descritte. I rapporti stratigrafici tra le formazioni del Norico superiore sono malamente osservabili sui versanti del Pizzo di Spino anche a causa delle estese coperture detritiche; inoltre tutte le unità affioranti nella valle di Ambria sono intensamente tettonizzate, rendendo di difficile comprensione la geologia della zona. Infatti la successione che va dalla Dolomia Principale alle Argilliti di Riva di Solto è frantumata in scaglie tettoniche variamente impilate e deformate (fig. 1), con implicazione perfino di scaglie riferibili alla Formazione di S. Giovanni Bianco (dolomie giallastre e siltiti verdastre e rossastre); questo assetto si ritiene sia dovuto al sovrascorrimento del Pizzo di Spino, cioè all'avanzamento verso S della massa di dolomia del Pizzo di Spino. La geometria complessiva del piano su cui si è verificato il movimento risulta ancora problematica, in quanto ha probabilmente subito deformazioni successive.

Su questo substrato si sono accumulati corpi sedimentari di età progressivamente più recente; i più antichi, risalenti probabilmente al Neogene, sono stati raggruppati nel Complesso Sedimentario del M. Culmine, pur essendosi depositati sicuramente in età differenti: sono costituiti da depositi di versante fossili alimentati dalle pareti di Dolomia Principale. Depositati di versante di età decisamente più recente, riferiti al Pleistocene superiore e medio,

incoerenti e alquanto alterati, sono compresi nel Complesso Sedimentario di Pianca; in quest'area in particolare è rappresentato da un corpo di frana staccatosi dai conglomerati che costituiscono il ripiano di Tessi.

Di particolare interesse sono i depositi alluvionali, con ciottoli di Verrucano Lombardo e litotipi ignei e metamorfici, che suturano i terrazzi erosionali di Ambria ed Endenna. Questi depositi, raggruppati nel Complesso Sedimentario di Endenna, sono profondamente alterati; rappresentano antichi livelli di fondovalle, essendo situati i più alti ad oltre 450 m di quota a W di Somendenna. L'età di questi depositi più alti, e quindi più antichi, è riferibile almeno al Pleistocene inferiore o più probabilmente al Pliocene. In prossimità del fondovalle sono poi presenti depositi alluvionali progressivamente più recenti.

### **SEDIMENTI**

I sedimenti presenti in Caerna (fig. 2) possono essere suddivisi in quattro tipi fondamentali: alluvionali, di colata in massa, di crollo e di decantazione.

#### a) Depositi alluvionali

Sono presenti nella galleria a forra detta "il crepaccio". Costituiscono dei resti, localizzati sulle pareti, sino ad arrivare quasi in contatto con la volta piana della galleria. Sono anche presenti ciottoli cementati tra le stalattiti (fig. 3).

Consistono in ghiaie massive, a supporto di clasti, costituite da ciottoli appiattiti o a bastoncino, ben arrotondati di dimensioni comprese tra 0.5 e 3 cm. Sono assenti clasti a spigoli vivi o semplicemente smussati. Tutti gli elementi sono costituiti da siltiti ed argilliti provenienti dall'Argillite di Riva di Soltò; sono assenti ciottoli carbonatici. I depositi sono privi di strutture sedimentarie, non sono cementati se non localmente, e sono ricoperti da sedimenti limoso argillosi di decantazione.

#### b) Depositi di colata in massa (Debris flow e Mud flow)

Sono presenti in tutto l'asse della grotta ovunque abbiano potuto conservarsi sul pavimento o sulle pareti.

Nella Diramazione della Sorgente sopra il pozzo-camino sono costituiti da ghiaie massive a supporto di clasti con matrice costituita da sabbia medio-grossolana. Gli elementi delle ghiaie sono fortemente eterometrici, in prevalenza carbonatici di provenienza locale (sono presenti anche clasti costituiti da concrezione calcitica) e a spigoli vivi, ma con vari elementi siltitici ed argillitici molto arrotondati.

Nella galleria principale, in corrispondenza della Diramazione della Sorgente, sul pavimento in un'ansa, si osserva dal basso la seguente successione (fig. 4):

- roccia in posto.

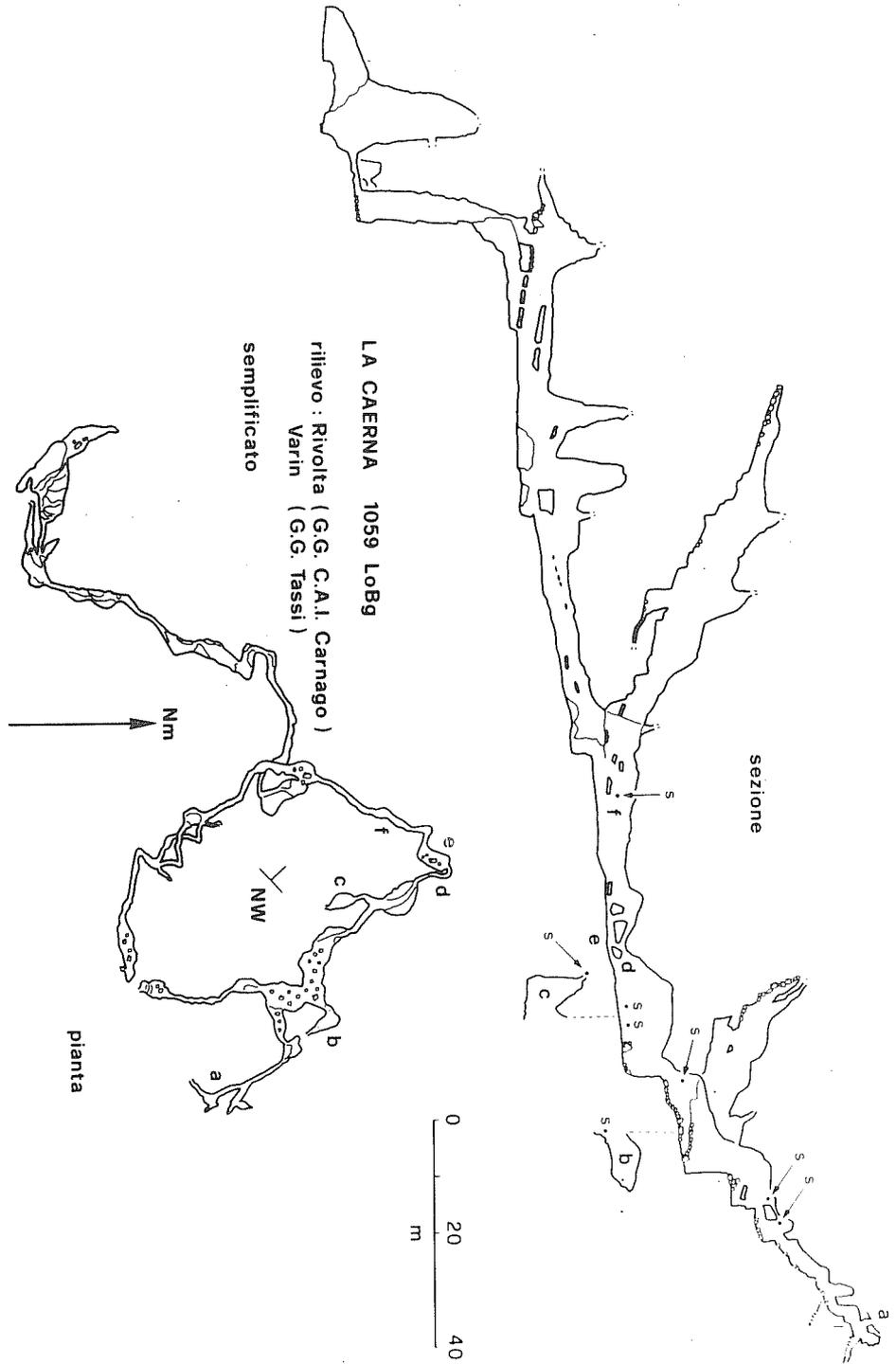


Fig. 2: Rilievo semplificato de la Caerna.

A = ingresso; B = Madonnina; C = la sorgente, pozzo a fondo piano; D = il pesce; E = saletta; F = il crepaccio. I punti con sedimenti sono indicati con S.

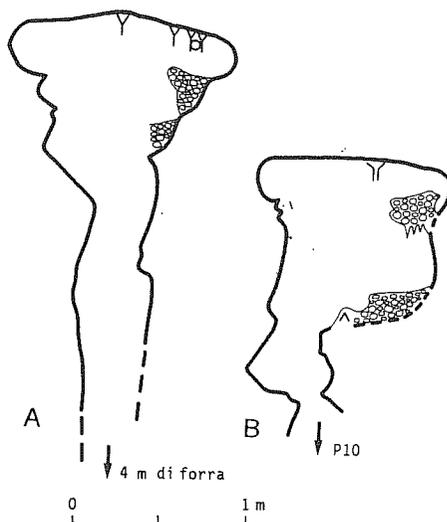


Fig. 3: Sezioni de "Il crepaccio" (A) e della galleria tra P4 e P10 (B).

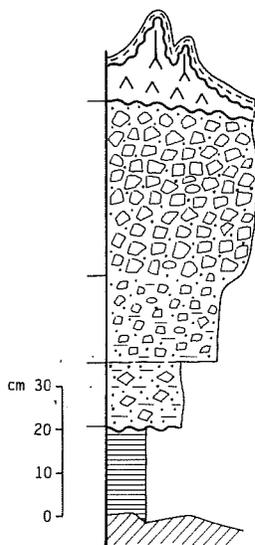


Fig. 4: Sezione dei sedimenti nella galleria principale.

- 20 cm: sedimenti fini, prevalentemente argillosi, laminati in lamine piano parallele orizzontali. Limite superiore erosionale.
- 15 cm: sedimenti fini argilloso-limosi con grossi clasti a spigoli vivi sparsi. Strutture sedimentarie assenti. Limite superiore mal definibile.
- 20 cm: ghiaie massive a supporto di matrice. La matrice argilloso-limosa domina percentualmente sui clasti. Elementi eterometrici a spigoli vivi, con rari elementi arrotondati. Limite superiore graduale.
- 40 cm: ghiaie massive a supporto di matrice. I clasti dominano percentualmente sulla matrice argilloso-limosa, sono eterometrici e a spigoli vivi con rari elementi arrotondati. Le dimensioni degli elementi di questo livello sono maggiori di quelli del livello precedente; è infatti presente una gradazione inversa che interessa questo e il livello precedente.

Crostone stalagmitico eroso e ricoperto da uno strato di sedimenti fini argilloso-limosi di decantazione.

Tutti gli elementi costituenti le ghiaie della sezione sono carbonatici di provenienza locale se a spigoli vivi, siltitici ed argillitici, provenienti dall'Argillite di Riva di Solto, se arrotondati.

Una sezione del tutto simile a quella appena descritta si osserva lungo la stessa galleria qualche metro prima e sopra il P8 alla Madonnina.

Direttamente sopra il P8 su un terrazzo abbastanza ampio sono presenti ghiaie a supporto di clasti con matrice costituita da sabbia medio grossolana; gli elementi sono a spigoli vivi. Il deposito è coperto da un crostone stalagmitico fortemente eroso, di cui rimangono resti anche sulle pareti.

Crostoni stalagmitici ricoprenti sedimenti sono presenti anche nella saletta tra la strettoia detta "il pesce" e il crepaccio, ove si osservano anche stalattiti, stalagmiti, colonne e crostoni fortemente erosi da acque correnti.

Sopra il II P4 sono presenti i resti di due riempimenti che hanno occluso completamente, o quasi, la cavità dei quali uno è cementato.

A 4 m circa dal pavimento si osservano ghiaie massive a supporto di matrice, ma con addensamento degli elementi tale che la matrice costituisce un sottile strato tra i clasti. Gli elementi delle ghiaie hanno dimensioni comprese tra 0.5 e 10 cm, elementi più grossi sono rari; la matrice è fine argilloso-limosa con poca sabbia medio-grossolana. Le ghiaie sono costituite da elementi siltitici ed argillitici, di dimensioni inferiori ai 2 cm e a basso indice di arrotondamento: calcari neri di dimensioni maggiori di 5 ÷ 6 cm e con spigoli vivi; dolomia subordinata in clasti arrotondati e molto alterati.

Il deposito cementato è localizzato nella galleria a forra tra P4

e P10 e nella galleria a monte, in alto vicino alla volta. È simile al precedente, differisce per la cementazione e la composizione dei clasti; è infatti costituito da elementi siltitici e argillitici, di piccole dimensioni ( $< 1.5$  cm), con rari elementi di  $2 \div 3$  cm, a basso indice di arrotondamento, e rari elementi dolomitici, con indice di arrotondamento da medio ad alto, molto alterati, di piccole dimensioni ( $< 1$  cm) con isolati clasti di  $3 \div 4$  cm; sono assenti i calcari.

Altri depositi di colata (debris flow essenzialmente) sono presenti nel tratto di ingresso e sono costituiti da clasti carbonatici a spigoli vivi con matrice che solo localmente può essere abbondante.

c) Depositi di crollo

Sono presenti tra la base del P8 e il P4. Il P8 è costituito da una forra riempita da massi di crollo; la presenza di depositi di colata al di sopra e tra i massi presenti nella forra testimonia un episodio di riempimento posteriore al crollo. Tra il P8 e il P10 la morfologia originaria è completamente scomparsa ad opera dei crolli; il crollo è stato favorito dalla giacitura degli strati tanto che il soffitto attuale di questo tratto di grotta è costituito da un letto di strato.

Altri clasti prodotti da crollo sono presenti nel tratto iniziale della cavità, ma sono di piccole dimensioni e per la maggior parte non sono di genesi locale in quanto la morfologia dei vani è completamente conservata.

d) Depositi di decantazione

La maggior parte delle pareti della Caerna sono ricoperte da uno strato, spesso talora sino ad un paio di centimetri, di sedimenti fini argilloso-limosi, privi di strutture, sciolti e non ricoperti da veli di concrezione. Nella saletta tra "il pesce" e il crepaccio le concrezioni corrose presentano profondi fori di stillicidio riempiti da questi sedimenti, prevalentemente argillosi. Tale deposito si è formato per decantazione con la grotta completamente allagata. Non è però possibile conoscere l'età del deposito, ovvero se il periodico allagamento della cavità sia un fenomeno ancora attuale sia pure con un tempo di ritorno molto lungo.

Attualmente il deposito ha l'aspetto di uno strato di fango che ricopre tutto e che dà luogo a piccole colate centimetriche alimentate dai veli d'acqua parietali.

### **POZZI A FONDO PIANO**

Il pozzo-camino da cui proviene l'acqua, nella Diramazione della Sorgente, è un pozzo cascata atipico (fig. 5). Alla sommità sono presenti tre piccole gallerie a forra: una superiore, fossile, ormai sospesa a monte (1.5 m circa sul corso attivo), che si raccorda con la parete versante del pozzo; una attiva sottostante che si raccorda alla parete aggettante in posizione laterale,  $1 \div 2$  m sotto l'attacco del pozzo e quella fossile intermedia che porta all'attacco

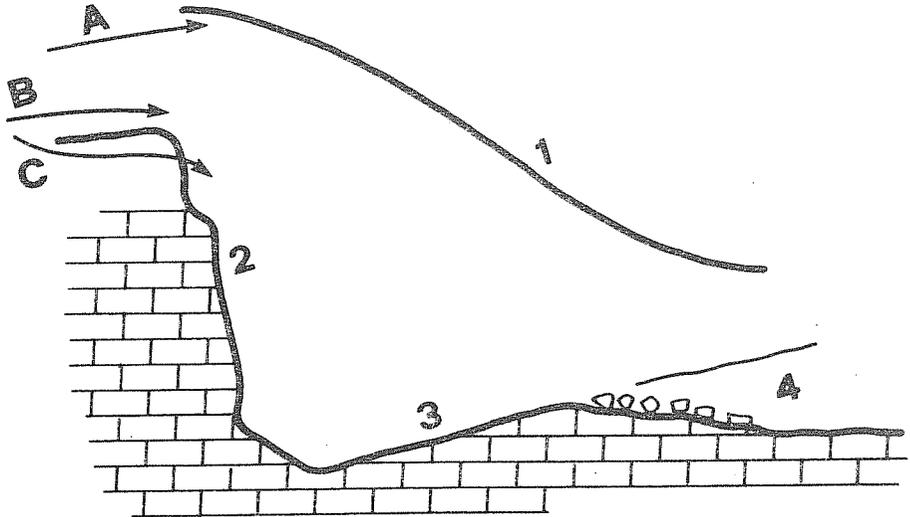


Fig. 5: Sezione schematica del pozzo a fondo piano ("la sorgente").  
 1 = parete versante; 2 = parete aggettante; 3 = fondo piano che taglia gli strati; 4 = forra;  
 A = forra superiore fossile; B = forra intermedia fossile; C = forra attiva.

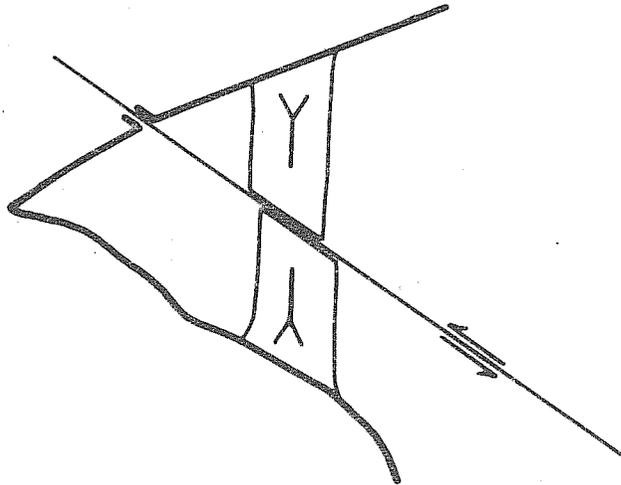


Fig. 6: Schema del movimento lungo la faglia inversa presente nel "crepaccio".

del pozzo stesso.

Il pozzo è indipendente dalla stratificazione e presenta parete aggettante quasi verticale e parete versante inclinata verso la forra di uscita del ramo (sotto il pozzo). La sezione trasversale è a campana (Maire, 1977, 1978). Alla base è assente il calderone basale. Si osserva invece una superficie piana in roccia viva inclinata verso valle, ma con un angolo minore della stratificazione (è perciò indipendente dalla giacitura degli strati). Tutta la superficie è levigata dall'azione dell'acqua, priva di detriti, ed è intaccata a valle da una forra regressiva ingombra al contrario di detriti grossolani.

Pozzi di questo tipo con base in roccia piana e privi di calderone non sono rari. La loro genesi è al momento ignota; nessuna delle spiegazioni possibili è pienamente soddisfacente.

Nel cercare una ipotesi genetica plausibile bisogna in ogni modo tener conto che:

- il pavimento piano in roccia viva non può essere uno strato o un livello più duro, ovvero meno erodibile o corrodibile, in quanto il pavimento stesso è indipendente dalla stratificazione e taglia le superfici di strato. Non corrisponde nemmeno ad una frattura o ad una faglia. Si tratta perciò di una superficie di erosione e corrosione.
- sono assenti ciottoli di dimensioni decimetriche costituiti da rocce più dure del calcare, in grado di generare marmitte. Sono presenti sedimenti costituiti da ciottoli al massimo centimetrici, calcarei, siltitici ed argillitici, immersi in matrice fine, che riempivano completamente la grotta (sono presenti resti di tale sedimento nelle forre alla sommità del pozzo); vi sono evidenze di almeno due fasi di riempimento completo della cavità e successivo svuotamento.

Potrebbe esistere una relazione, ancora da chiarire, tra questi riempimenti e la superficie piana in roccia (Maire (1977) ha già suggerito una relazione tra alcune morfologie di pozzi e riempimenti). Per esempio, se il fondo del pozzo è coperto di sedimenti, la forza d'urto dovuto alla cascata risulta smorzato e l'acqua potrebbe esplicare la sua azione corrosiva all'interfaccia sedimento-roccia di fondo.

In ogni caso per giungere a conclusioni plausibili sarebbe di estremo interesse un confronto con altre situazioni simili presenti in altre grotte.

#### **VOLTE PIANE**

In Caerna sono presenti due gallerie con volta piana: la galleria a forra tra il P4 e il P10 e "il crepaccio". Le volte piane in questo caso non possono essere considerate come canali di volta a volta piana (Pasini, 1967; Bini, 1989) in quanto interessano tutta la volta. In entrambi i casi le volte piane sono associate a resti di riempimenti, più antichi nel caso del crepaccio, più recenti nella galleria tra

P4 e P10 (Anonimo, 1987; Bini, 1989).

Il crepaccio (fig. 3) è costituito da una forra profonda nel suo tratto terminale circa  $6 \div 7$  m con un allargamento in alto in corrispondenza della volta piana. Quest'ultima è indipendente dalla stratificazione in quanto taglia i giunti argillitici con un angolo di circa  $30^\circ$  ed è interessata da una serie di cupole di erosione (Bini, Cappa, 1978; Bini, 1978) indipendenti dalla fratturazione (ben visibile all'interno di esse). Le cupole sono asimmetriche, allungate nel senso della corrente con lato a monte più ripido del lato a valle. Si sono perciò formate in condizioni sature con flusso lento. Poiché sono incise nella volta piana rappresentano una fase evolutiva successiva.

Al crepaccio il riempimento giungeva sino alla volta come testimoniato dalla presenza di ciottoli cementati tra le stalattiti (fig. 3).

La galleria tra P4 e P10 (fig. 3) è costituita da una condotta sommitale con volta piana e da una forra, profonda  $7 \div 8$  m, molto stretta in alto e successivamente più larga. La condotta presenta volta piana associata a resti di riempimento costituito da clasti a spigoli vivi, parzialmente cementati. Questo riempimento è presente anche a monte della condotta e ostruiva completamente questo tratto di grotta. La condotta sommitale verso valle è troncata dai crolli che interessano la zona del P10.

#### NEOTETTONICA

Nel crepaccio sono visibili, poco prima del suo termine, segni di attività neotettonica posteriore alla formazione della cavità e al suo concrezionamento. Si tratta di una faglia inversa coincidente con un giunto di strato con rigetto variabile da uno a pochi centimetri. Gli strati in Caerna immergono verso NW con inclinazione variabile da  $20^\circ$  a  $60^\circ$ . Il movimento della faglia è perciò verso S  $\div$  SE in coincidenza con i movimenti lungo i lineamenti strutturali del Pizzo di Spino. Nella zona quindi i movimenti tettonici sono continuati secondo le stesse direttrici anche in tempi "recenti" (Neogene  $\div$  Pleistocene).

In grotta questa faglia sposta concrezioni e volta secondo lo schema di fig. 6. Questa è l'unica evidenza neotettonica osservata, ma non è escluso che ad un esame più attento se ne possano rinvenire altre.

#### DATAZIONE DEI CROSTONI STALAGMITICI

Sono state eseguite due datazioni radiometriche con il metodo Uranio - Torio presso il CERAK (Centre d'Etudes et de Recherches Appliquée au Karst) della Faculté Polytechnique de Mons in Belgio.

I crostoni datati sono:

- il crostone eroso posto sul terrazzo direttamente sopra il P8 (AB 756);
- i crostoni erosi nella saletta tra la strettoia "il Pesce" e "il Crepaccio" (AB 757).

I risultati sono i seguenti:

	AB 756	AB 757
U (ppm)	0.554 (+ 0.010)	0.846 (+0.013)
U234/U238	1.167 (+ 0.019)	1.606 (+0.019)
Th230/U234	0.880 (+ 0.023)	0.314 (+0.012)
Th230/Th232	68	65.6
U234/U238 t=0	1.299	1.678
<b>ETA' (kanni BP)</b>	<b>206.4 (+18.3, -15.5)</b>	<b>39.8 (+ 1.8)</b>

L'età del crostone AB 756 ricade nel Pleistocene Medio nell'ambito dello stadio isotopico 7 e implica che durante questo periodo interglaciale la grotta era già formata più o meno come è attualmente, i crolli erano già avvenuti e la cavità era parzialmente riempita da sedimenti che in seguito sono stati erosi.

L'età del crostone AB 757 ricade nel Pleistocene Superiore nell'ambito dello stadio isotopico 3 cioè in quello che viene definito come "interstadio würmiano", una fase articolata e più calda che precede il massimo del freddo del Pleistocene Superiore.

Questa data implica che l'erosione e soprattutto i depositi di decantazione siano più recenti, probabilmente contemporanei all'ultima glaciazione.

#### CONSIDERAZIONI GENERALI E CONCLUSIONI

La Caerna si apre a 605 m di quota sul fianco di una valletta fossile, poco incisa e molto svasata, in una zona della Valle Brembana mai glacializzata durante il Quaternario e solo 150 m più in alto dei più antichi terrazzi conservati del fiume Brembo (fig. 1).

Si tratta perciò di una cavità del secondo gruppo (Bini, 1984), ossia cavità che si aprono in zone non interessate dai ghiacciai, e di conseguenza ne possiede tutte le caratteristiche specie per quanto riguarda i sedimenti interni.

L'evoluzione della cavità è schematizzata in fig. 7; la successione degli eventi si basa su parametri "oggettivi" presenti in cavità mentre il modello evolutivo proposto qui di seguito si basa su alcune ipotesi ed analogie con quanto è avvenuto in altri territori.

Le evidenze dell'evoluzione "recente" della cavità iniziano con le concrezioni e le alluvioni presenti nel crepaccio. Queste ultime rappresentano il più antico deposito osservabile in Caerna sia per la posizione e il grado di alterazione (assenza di carbonati) sia perchè ciottoli appartenenti a queste alluvioni sono presenti, in percentuale variabile, nei depositi di colata in massa.

Quando le alluvioni si sono deposte la cavità era percorsa da corsi d'acqua con una discreta energia e la situazione topografica esterna doveva essere differente dall'attuale in quanto le alluvioni non possono essere connesse con la valletta attuale in cui si apre la Caerna nè con la morfologia attuale del versante. Il contesto

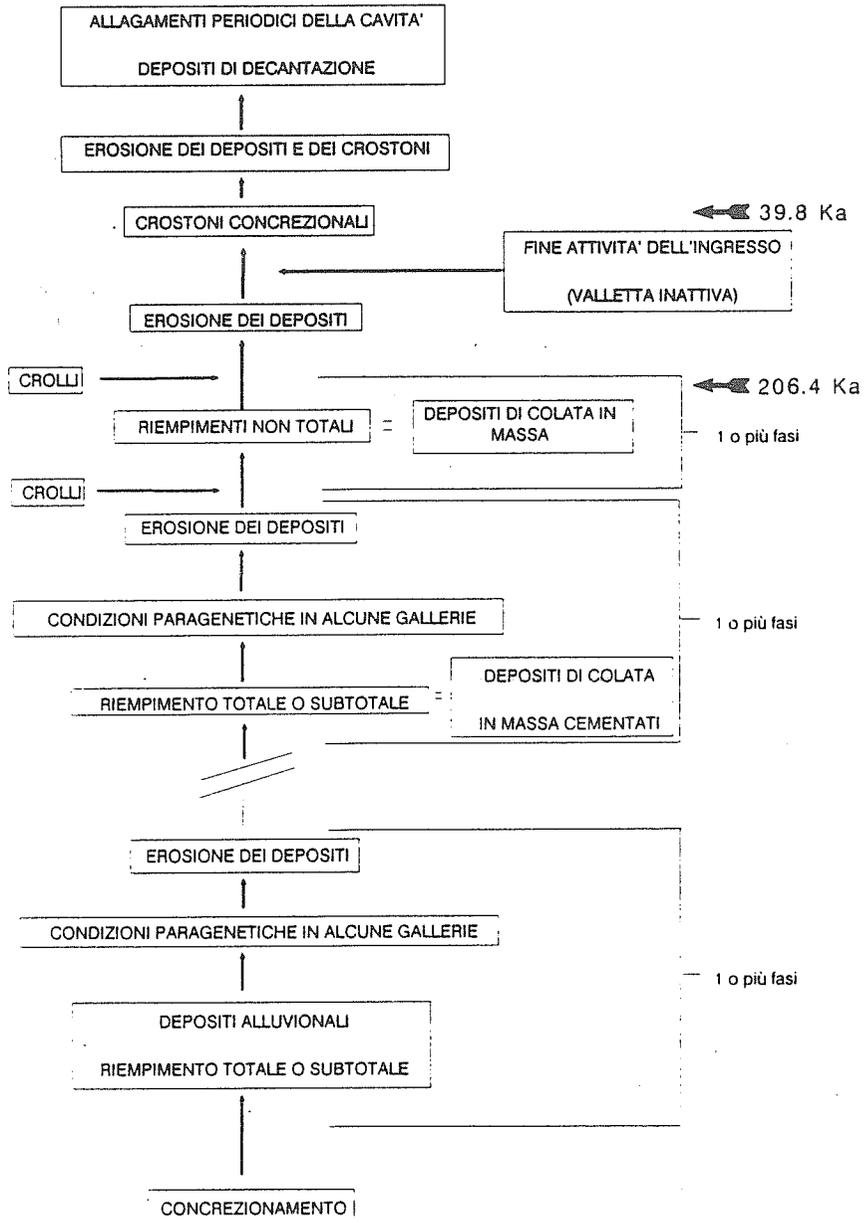


Fig. 7: Schema dell'evoluzione recente de La Caerna.

fisiografico doveva essere differente e la grotta stessa doveva avere funzioni di inghiottitoio.

I sedimenti alluvionali giungevano con il diminuire dell'energia del corso d'acqua ad occludere completamente la cavità creando in alcune gallerie condizioni paragenetiche.

Durante questa fase la cavità era probabilmente molto più vicina di adesso al fondo della Valle Brembana (terrazzi più antichi). Gli studi sulla geologia dei depositi superficiali tuttora in corso (Rossi e Bini) indicano che gli antichi terrazzi alluvionali del Brembo, estremamente alterati, sono prequaternari. Se tutto quanto detto è valido questa fase evolutiva della Caerna è da ascrivere al Neogene s.l..

La seconda evidenza presente in Caerna sono i depositi di colata in massa cementati del P.4 e gli analoghi non cementati. Tra la deposizione delle alluvioni della fase (o più fasi) precedente, la loro successiva erosione e la deposizione dei depositi di colata (che peraltro implicano l'erosione delle alluvioni precedenti dato che ciottoli arrotondati sono frammisti a tali depositi) deve essere trascorso un certo tempo durante il quale sono iniziate le variazioni climatiche plio-quadernarie.

La presenza di depositi di colata in massa nelle cavità del secondo gruppo (Bini, 1984) è da mettere in relazione con lo smantellamento durante le fasi fredde dei suoli formati nelle fasi calde precedenti e la cui evoluzione è continuata ad ogni interglaciale (vetusuoli; Cremaschi, 1987). La presenza di depositi di versante e di grotta, derivati da suoli e messi in posto in condizioni periglaciali è ben documentata nel comasco (Bini, 1987). Processi simili (testimoniati dall'assenza di clasti carbonatici e dalla presenza di argilla nei depositi) devono essere avvenuti anche nella zona in cui si apre la Caerna che pur essendo molto lontana dai ghiacciai doveva in ogni caso risentire delle fasi fredde.

La presenza di un crostone (AB 756), ora eroso, che copriva dei depositi di colata in massa, datato a circa 206.000 anni fa, consente di datare una di queste fasi di riempimento. Probabilmente processi di riempimento, concrezionamento ed erosione si sono succeduti ad ogni fase glaciale - interglaciale per tutto il Pleistocene Inferiore e Medio.

Più recentemente vi sono state fasi di concrezionamento (AB 757) seguite da una fase di erosione molto intensa e da fasi di completo allagamento della cavità, testimoniate dalla presenza di depositi di decantazione.

(manoscritto consegnato dicembre 1989)

Lavoro eseguito nell'ambito dei programmi del Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali, Consiglio Nazionale Delle Ricerche.

## BIBLIOGRAFIA

ANONIMO, 1987 - La Caerna - 1059 Lo Bg. *Il Tass 1 (1)*: 58-72.

BINI A., 1978 - Appunti di geomorfologia ipogea: le forme parietali. *Atti V Conv. Reg. Speleol. Trentino Alto Adige, Lavis*: 19-46.

BINI A. e CAPPA G., 1978 - Considerazioni sulla morfologia delle cupole. *Quaderni Museo Speleol. 4 (7/8)*: 47-62.

BINI A., 1984 - Considerazioni sulla distribuzione e l'evoluzione del carsismo nel territorio comasco. *Atti XI Conv. Speleol. Lombarda, Bergamo 1984*: 83-90.

BINI A., 1987 - L'apparato glaciale würmiano di Como. *Tesi di dottorato di ricerca, Università di Milano*: 569 pag.

BINI A., 1989 - Morfologia e sedimentologia ipogea delle cavità di S. Ninfa. In: Autori vari: I gessi di Santa Ninfa (Trapani) studio multidisciplinare di un'area carsica. *Memorie Ist. Ital. Speleol. 3*: 101 - 136.

CREMASCHI M., 1987 - Paleosols and vetusols in the central Po Plain (Northern Italy). A study in Quaternary geology and soil development. *Edizioni Unicopli, Milano*: 306 pag..

JADOUL F., MONESI C., ROSSI S., BINI A., in stampa. Carta Geologica della Provincia di Bergamo alla scala 1: 50.000. Foglio NW. A cura dell'Amministrazione Provinciale di Bergamo, Assessorato Territorio Ecologia.

MAIRE R., 1977 - Les megapuits dans les karsts d'altitude. *Spealp 2*.

MAIRE R., 1978 - Caractères et évolution des puits. *Spealp 3*: 2529.

PASINI G., 1967 - Osservazioni sui canali di volta delle grotte bolognesi. *Le Grotte d'Italia (4) 1*: 17-57.

INDIRIZZO DEGLI AUTORI: ALFREDO BINI

Dip.to Sc. della Terra - Univ. di Milano  
Via Mangiagalli 34 - 20133 MILANO

STEFANO ROSSI

Dip.to Sc. della Terra - Univ. di Milano  
Via Mangiagalli 34 - 20133 MILANO

GRAZIANO FERRARI

Gruppo Grotte "I Tassi"  
c/o Istituto Nazionale dei Tumori  
Via Venezian - 20133 MILANO