

## SOMMARIO



*In copertina:  
Il secondo trivio nel meandro  
della Grotta Calindri (Bo)  
foto G. Agolini G.S.B.-U.S.B.*

*le foto pubblicate  
in questo numero sono di:*

G.Agolini: 15, 18, 20, 29  
G.Cinti: 32  
D.Demaria: 22  
P.Forti: 60, 61, 65, 66, 67  
P.Grimandi: 24, 30b, 31, 35, 50  
D.Postpischl: 30a  
P.Reggiani: 54a, 54b  
Y.Tomba: 57a, 57b  
Istituto Italiano  
di Speleologia (Bo): 68  
Museo Luigi Donini  
(S.Lazzaro di S.): 56

# 107



## INDICE

### ABSTRACT

*a cura di Jeremy Palumbo* ..... pag. 2

### ATTIVITÀ DI CAMPAGNA

*a cura di Marco Mirri* ..... pag. 4

### ELENCO SOCI G.S.B.- U.S.B. 1999

*a cura di Anna Agostini* ..... pag.10

### G.S.B.- U.S.B.: GLI INCARICHI PER IL 1999

*a cura di Francesca Torchi* ..... pag.12

### ADOLF D'OC

*di Paolo Grimandi* ..... pag.13

### LE CAVITÀ DELLA CROARA

#### FRA IL MONTE CASTELLO E IL BELVEDERE

*di Danilo Demaria*..... pag.14

### LA GROTTA SERAFINO CALINDRI

(Memorandum rerum circa

questo straordinario archivio naturale)

*di Paolo Grimandi* ..... pag.29

### LA GROTTA CALINDRI :

**dati e considerazioni sui suoi riempimenti fisici.**

*di Antonio Rossi e B.S.L.Mazzarella* ..... pag.33

### LA IENA DELLA GROTTA SERAFINO CALINDRI

(S.Lazzaro di Savena,Bo)

*di Paolo Reggiani* ..... pag.52

### PALEOECOLOGIA DELLA IENA SPELEA Bolognese

*di Giuseppe Rivalta* ..... pag.56

### LA GROTTA DI ALI SADR

**La più importante grotta turistica dell'Iran**

*di Paolo Forti* ..... pag.59

### FOTO D'ARCHIVIO: Le "Caverne del Farneto" nel 1893

*di P.G.* ..... pag.68

*Rivista di Speleologia del  
GRUPPO SPELEOLOGICO BOLOGNESE  
e dell'UNIONE SPELEOLOGICA BOLOGNESE  
Anno XXXVII n° 107 - Luglio - Dicembre 1998*

# LA GROTTA CALINDRI:

ANTONIO ROSSI (1,2),  
BIANCA SERENA LUCIA MAZZARELLA (1)

## *dati e considerazioni sui suoi riempimenti fisici*

**Parole chiave:** riempimenti fisici ipogei, granulometria, litologia, morfometria, morfoscopia, provenienza, trasporto.  
**Keywords:** physical filling in cave, lithology, morphometry, morphoscopy, source, transport.

Lavoro effettuato con fondi M.U.R.S.T. ex 60 %.

### **PREMESSA**

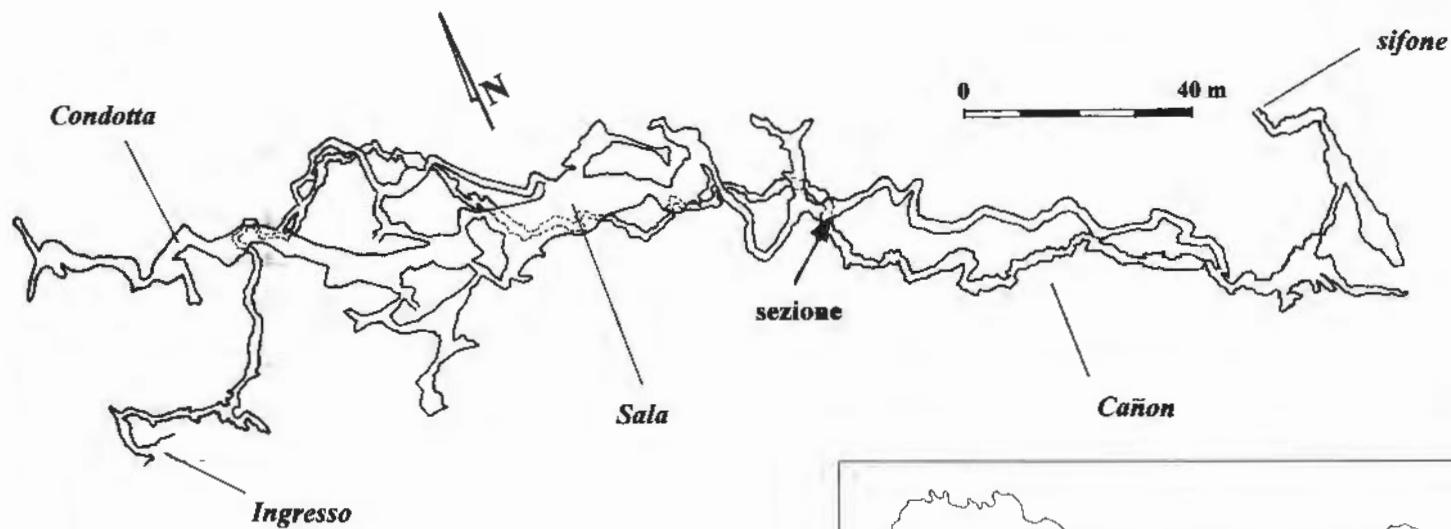
I riempimenti fisici, costituiti da materiali clastici delle più svariate granulometrie, rappresentano uno dei caratteri peculiari di molte delle cavità che si aprono nella Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano) affiorante lungo il margine esterno della catena appenninica emiliano-romagnola. Si tratta in genere di sistemi carsici anche molto vasti che si sviluppano all'interno di una fascia geografica per lo più compresa fra le quote di 100 e 250 m.s.l.m. E' possibile che alcune di queste situazioni di variazione altimetrica possano essere ricollegabili a locali sollevamenti di masse rocciose causati dall'orogenesi appenninica. Rimane però valida l'ipotesi che, nel loro complesso, tutte queste cavità siano ricollegabili ad un fenomeno di dissoluzione che, pur impostatosi ed evolutosi in momenti diversi, ha seguito meccanismi analoghi. Non esistono, al momento, dati sicuri ma solo ipotesi su quando sia iniziato questo evento carsico. Già alla fine del Messiniano, alcuni affioramenti di gesso, che gli eventi tettonici avevano portato ad emergere, sono stati interessati da dissoluzione carsica (Cava di Monticino, Brisighella-Ra) con formazione di morfologie superficiali (campi solcati, inghiottitoi, pozzetti, ecc..) delle quali però non si ha verifica di un loro prosieguo ipo-

geo. Questo ciclo carsico è confinato nel Messiniano, in quanto la superficie in erosione è suturata dalla Formazione a Colombacci costituita da sedimenti terrigeni (deposizione solo parzialmente evaporitica) con inclusi alcuni livelli calcarei di probabile precipitazione chimica. I sedimenti, di ambiente continentale e lacustre (parte terminale del Messiniano), provenienti dalla Formazione a Colombacci hanno riempito queste prime cavità carsiche, nelle quali è stata rinvenuta una interessante fauna a vertebrati terrestri (faune di "lago mare") di età coeva (COSTA ET AL, 1985). Nel Pliocene e nel Quaternario inf. si è avuta una prevalente deposizione di potenti spessori di sedimenti marini. Suddette considerazioni portano a interpretare il fenomeno carsico in Emilia Romagna come evento genetico avvenuto nel Quaternario (Pleistocene medio-Olocene).

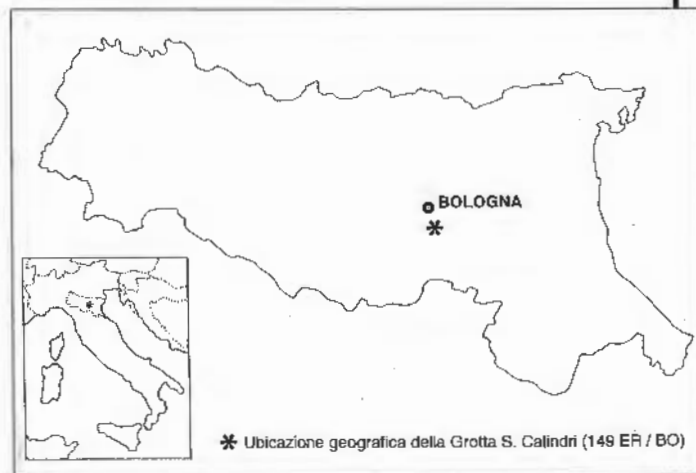
La presenza in numerose cavità e, soprattutto in quelle di maggiore sviluppo ed ampiezza (tipo "trafori idrogeologici"), di potenti depositi di materiali clastici estremamente eterogranulari come ad esempio nella Grotta M.Gortani (31 ER/BO, con sedimenti prevalentemente argilloso-limosi, BERTOLANI E ROSSI, 1972), nella Grotta della Spipola (5 ER/BO, prevalentemente sabbioso-ciottolosi) e nella Grotta di fianco alla Chiesa di

(1) Dipartimento di Scienze della Terra di Modena-Italia  
(2) Gruppo Speleologico Bolognese del C.A.I. - Italia





**Grotta S. Calindri: luogo di rinvenimento dei reperti  
e del prelievo dei campioni (dal rilievo G.S.B. 1964)**





Il deposito da cui provengono i resti fossili e i sedimenti analizzati

Gaibola (24 ER/BO, prevalentemente argilloso-sabbioso-ciottolosi, PAREA, 1972), conferma che questi riempimenti, posteriori alla formazione delle cavità, sono databili al Quaternario tardo o medio-tardo.

Molti sono gli interrogativi che questi depositi suscitano in chi ha modo di osservarli; tuttavia, per quanto sia indiscutibile che essi possano essere ricollegabili ad energie idrauliche di notevole entità, non si è ancora in grado di definire con certezza alcuni elementi ad essi connessi. Cosa rappresentavano prima del loro inghiottimento questi materiali clastici: appartenevano a coperture mari-

ne o continentali? .... da quali formazioni geologiche provenivano?..... a quali eventi climatici sono ricollegabili?.... che cosa ha favorito il loro accumulo ipogeo (situazioni morfologiche interne oppure condizioni esterne ostacolanti a carattere regionale)? ... che cosa ha provocato le variazioni granulometriche all'interno della stessa cavità o tra cavità diverse anche vicine? .... si tratta di un fenomeno unico oppure ripetuto?... e se ripetuto, quante volte?

A questi interrogativi non si è stati in grado di dare spiegazioni soddisfacenti; pertanto questa nota si propone di iniziare una raccolta di osservazioni o di dati statistici che possano, con il contributo di tutta la speleologia emiliana, fornire suggerimenti ed informazioni, permettendo di arrivare a proporre ipotesi interpretative esaurienti del fenomeno.

#### **METODOLOGIA D'INDAGINE**

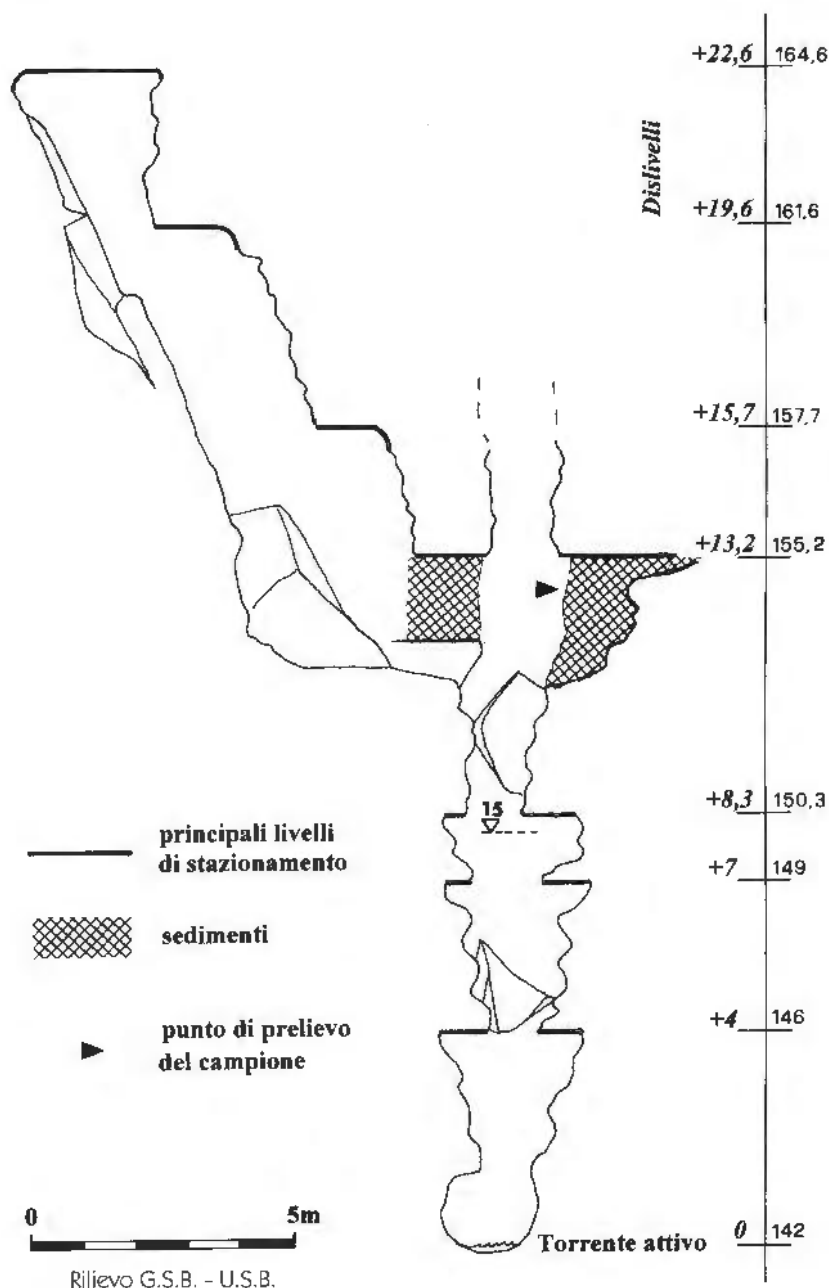
In occasione del recupero di materiale osteologico (*Crocota Crocota spelaea*, *Bison priscus*) molto ben conservato, inglobato in uno dei numerosi e potenti riem-

pimenti presenti all'interno della Grotta Calindri, dallo stesso livello di deposizione è stato prelevato un campione di materiale clastico rappresentativo. Si tratta di un accumulo clastico, potente alcuni metri, con deboli variazioni granulometriche in senso verticale. Detto materiale è stato inizialmente essiccato all'aria onde determinarne il peso netto (2608,4 g). I componenti clastici più grossolani sono stati anche spazzolati per distaccare la frazione clastica più fine eventualmente su di essi presente. Si sono poi definite le varie classi granulometriche secondo Wentworth, compre-



# GROTTA CALINDRI

Sezione trasversale presso il c.s. 15  
(ramo intermedio)



se tra 64 mm e 0,0625 mm mediante setacciatura con stacci della serie DIN; le successive frazioni inferiori a 0,0625 mm sono state determinate con il metodo dei Levigatori di Appiani.

Mediante osservazione microscopica, effettuata con stereoscopio dotato di obiettivo fino a 100 ingrandimenti, di tutte le frazioni granulometriche > 1 mm è stato effettuato il riconoscimento petrografico al fine di poterne rappresentare graficamente la distribuzione litologica percentuale.

Delle frazioni < 1 mm, per naturale difficoltà di riconoscimento, è stata invece definita la composizione mineralogica mediante determinazioni diffrattometriche ai Raggi X.

Per quest'ultimo esame, avendo operato in condi-

zioni strumentali costanti e su quantità quasi uguali di materiale, si è proceduto anche ad una valutazione semiquantitativa (soggettiva ma estremamente attendibile) della variabilità distributiva delle presenze cristalline individuate.

Una ulteriore fase dello studio è stata condotta definendo caratteri quali: le forme fondamentali dei granuli (ZINGG, 1935), la sfericità (RICCI LUCCHI, 1980), l'appiattimento (CAILLEUX, 1945) e l'arrotondamento (POWERS, 1953).

I risultati dei vari metodi di indagine utilizzati hanno permesso la costruzione di specifici grafici. La seguente nota presenta i risultati dell'analisi e della discussione di suddetti grafici e delle tabelle ottenute elaborando i dati raccolti.

## DISCUSSIONE DEI GRAFICI (1-4) E DELLE TABELLE (1-6)

### GRAFICO 1

La distribuzione quantitativa delle percentuali in peso relativa alle varie classi granulometriche appare estremamente regolare. Si rileva una costante diminuzione quantitativa dai ciottoli alla sabbia molto fine con un evidente incremento del limo o silt seguito da una sensibile diminuzione della frazione argillosa, la quale si mantiene ugualmente su valori non trascurabili. La regolarità della distribuzione ponderale delle singole frazioni granulometriche può essere considerata come un indicatore sia dei caratteri costanti dell'energia del fluido trasportatore che di quelli composizionali e dimensionali dei materiali trasportati.

Grafico 1

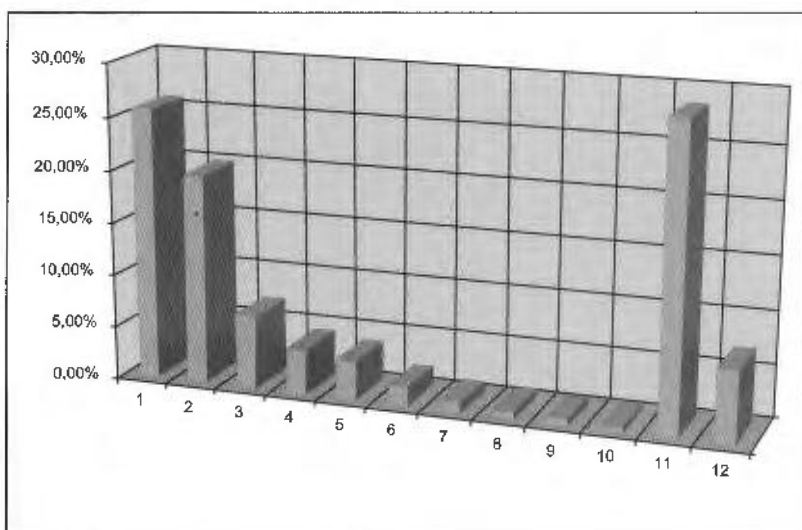


GRAFICO 1

Distribuzione della percentuale in peso delle singole frazioni granulometriche costituenti il campione in esame. In ordinate sono riportati i valori percentuali, in ascisse la successione delle classi granulometriche (1-12).



Classi granulometriche	Diametro in mm.	Nomenclatura granulometrica secondo Wentworth	Peso in gr. della frazione granulometrica	Percentuale in peso della frazione granulometrica
1	64-32	Ciottoli	670,5	25,7
2	32-16	Ciottoli	517,0	19,8
3	16-8	Ciottoli	180,2	6,9
4	8-4	Ciottoli	107,9	4,2
5	4-2	Granuli	95,5	3,7
6	2-1	Sabbia molto grossolana	46,2	1,8
7	1-0,5	Sabbia grossolana	24,4	0,9
8	0,5-0,25	Sabbia media	17,8	0,7
9	0,25-0,125	Sabbia fine	16,5	0,6
10	0,125-0,0625	Sabbia molto fine	11,3	0,4
11	0,0625-0,0039	Limo o silt	741,1	28,4
12	< 0,0039	Argilla	180,0	6,9
			Tot = 2608,4	Tot = 100,0

**TABELLA 1** Classi granulometriche. Sono indicati: le classi granulometriche (1-12) definite dai rispettivi diametri in mm; la relativa nomenclatura (secondo Wentworth); il peso totale per ciascuna classe granulometrica; la percentuale in peso delle singole frazioni.

<b>ARENARIA</b>	Roccia a grana variabile da fine a medio-fine, con cemento prevalentemente calcareo associato ad ossidi di ferro.
<b>CALCARE</b>	Roccia piu' o meno compatta oppure marnosa e frammenti di gusci di organismi.
<b>CALCITE</b>	Frammenti di singoli cristalli o di aggregati costituiti da microindividui.
<b>CONCREZIONE</b>	Frammenti di stalattiti, stalagmiti, rivestimenti incrostanti zonati, di vegetali talora completamente sostituiti da ossidi di ferro.
<b>GESSO</b>	Frammenti di singoli cristalli o di aggregati costituiti da microindividui.
<b>PISOLITE</b>	Piccoli corpi sferoidali costituiti da calcite o da ossidi di ferro.
<b>QUARZITE</b>	Arenaria quarzosa a grana fine con cemento siliceo talora pigmentato da ossidi di ferro.
<b>QUARZO</b>	Frammenti di singoli cristalli molto limpidi e trasparenti, oppure debolmente rosacei.
<b>SELCE</b>	Roccia silicea criptocristallina dalle tonalita' cromatiche molto variabili.

**TABELLA 2** Definizione petrografica dei termini litologici riconosciuti.

		1	2	3	4	5	6
<b>ARENARIA</b> (S1)	118,0 gr 17,6 %	10,8 gr 2,1 %	13,5 gr 7,5 %	6,6 gr 6,1 %	1,9 gr 2,0 %	0,4 gr 0,9 %	
<b>CALCARE</b> (S2)	254,8 gr 38,0 %	364,8 gr 70,6 %	80,3 gr 44,6 %	49,0 gr 45,4 %	37,2 gr 39,0 %	19,4 gr 42,1 %	
<b>CONCREZIONE</b> (S3)	297,7 gr 44,4 %	64,7 gr 12,5 %	36,2 gr 20,1 %	22,5 gr 20,9 %	20,5 gr 21,5 %	11,2 gr 24,2 %	
<b>CALCITE</b> (S4)		15,9 gr 31,1 %	5,2 gr 2,9 %	9,8 gr 9,1 %	11,5 gr 12,0 %	3,3 gr 7,1 %	
<b>GESSO</b> (S5)					5,7 gr 6,0 %	0,9 gr 2,0 %	
<b>PISOLITE</b>					0,2 gr 0,2 %	0,2 gr 0,4 %	
<b>QUARZITE</b> (S6)		5,4 gr 1,0 %	2,2 gr 1,2 %	4,1 gr 3,8 %	1,6 gr 1,7 %	0,1 gr 0,2 %	
<b>QUARZO</b> (S7)				0,9 gr 0,8 %	4,4 gr 4,6 %	6,3 gr 13,6 %	
<b>SELCE</b> (S8)		55,4 gr 10,7 %	42,8 gr 23,7 %	15,0 gr 13,9 %	12,5 gr 13,0 %	4,4 gr 9,5 %	
	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	

**TABELLA 3** Distribuzione ponderale e percentuale relativa delle varie litologie presenti nelle diverse classi granulometriche (64 / 1 mm).

## GRAFICO 2

Sono presentate le distribuzioni percentuali dei singoli litotipi nelle classi granulometriche comprese fra 64 mm e 1 mm.

### a) Arenaria

È evidente come le arenarie siano presenti soprattutto nella frazione più grossolana; nelle classi successive la sua diminuzione percentuale è netta. Questa distribuzione concentrata potrebbe trovare una spiegazione nel fatto che il materiale clastico arenaceo, presente nel sito di campionamento, risulta il prodotto oltre che di un processo di classazione selettiva nel senso del trasporto, anche di un meccanismo di eliminazione di eventuali clasti arenacei poco cementati da parte del trasporto meccanico o della aggressività chimica delle acque solfate, che ne avrebbero favorito la dissoluzione del cemento.

### b) Calcari

Per questa componente litologica le più alte concentrazioni percentuali si riscontrano nelle classi granulometriche comprese fra 64 mm e 16 mm, mentre nelle successive la diminuzione è rapida e progressiva. Tale distribuzione potrebbe trovare una spiegazione soprattutto nel trasporto meccanico selettivo.

### c) Concrezioni

Si tratta di materiale di esclusiva provenienza interna. È concentrato per lo più nella frazione granulometrica più grossolana (64-32 mm), diminuisce in modo repentino e progressivamente regolare nelle successive frazioni. La particolare concentrazione di questo materiale in una prevalente classe granulometrica, potrebbe essere spiegata con il fatto che esso, proveniente dallo smantellamento meccanico di potenti depositi chimici interni, non ha avuto la possibilità di una intensa elaborazione per trasporto, che si può ritenere, in funzione della presenza percentuale delle altre classi granulometriche, soltanto in fase iniziale.

### d) Calcite

Questa componente è del tutto accessoria ed è rappresentata da frammenti di singoli individui o di piccoli aggregati cristallini. L'andamento distributivo che vede prevalenti la frazione 32-16 mm e quella 4-2 mm, con una regolare distribuzione percentuale nelle classi intermedie, trova una spiegazione nel fatto che la prima è in prevalenza costituita da frammenti di cristalli mentre la seconda riunisce soprattutto gli aggregati. Potrebbe trattarsi o della sedimentazione di due tipi di apporti, ognuno peculiare di una specifica classe granu-

lomtrica, oppure della risposta alla erosione di originari clasti aventi composizione tessiturale diversa (di dimensioni maggiori e quindi più resistenti i frammenti di cristalli, di dimensioni inferiori e quindi più aggredibili gli aggregati).

### e) Gesso

La distribuzione dei frammenti con questa composizione litologica è del tutto non significativa, in quanto ne è stata rilevata la presenza soltanto nella frazione dei granuli e della sabbia molto grossolana. Le motivazioni di questa presenza possono essere: scarsità originaria del gesso come contribuente clastico, oppure dissoluzione e abrasione progressiva, da parte delle acque interne, delle frazioni clastiche di appartenenza, già di per se stesse molto scarse.

### f) Quarzite

Si tratta di materiale esclusivamente esterno, di cui è possibile solo ipotizzare la provenienza. La concentrazione soprattutto in due classi granulometriche di questo materiale, che è particolarmente resistente all'azione meccanica, potrebbe trovare una spiegazione o in una diversa granulometria dei clasti quarzificati provenienti dall'esterno, o nella possibilità che alla formazione del sedimento studiato abbiano contribuito due assi idrografici ipogei diversi, ognuno alimentatore di materiali litologicamente simili ma granulometricamente diversi.

### g) Quarzo

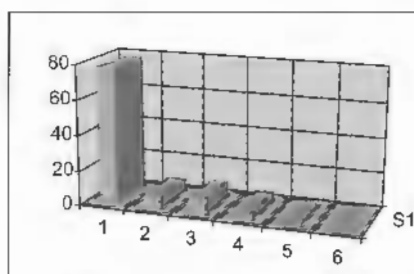
È netta la concentrazione nelle frazioni corrispondenti ai granuli e alla sabbia molto grossolana, mentre del tutto assente è nelle frazioni ciottolose. Non essendo possibile un riconoscimento certo del litotipo da cui provengono i frammenti quarzosi, si può supporre che essi rappresentino il prodotto della disgregazione di rocce cristalline, divenute uno dei costituenti delle coperture sabiose post-plioceniche; non è da escludere che abbia contribuito alla concentrazione dei frammenti di Quarzo nella frazione 2-1 mm anche il fenomeno della disgregazione del detrito arenaceo presente nella grotta.

### h) Selce

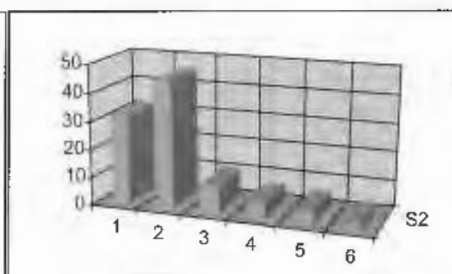
Anche i clasti di Selce sono di sicura provenienza esterna. La loro presenza percentuale nel campione esaminato vede una progressiva diminuzione regolare dai ciottoli (32-16 mm) alla sabbia grossolana (2-1 mm); probabilmente questi materiali possono rappresentare (data l'impossibilità di una loro significativa erosione interna) la risultante di un regolare processo deposizionale del torrente interno alla grotta.



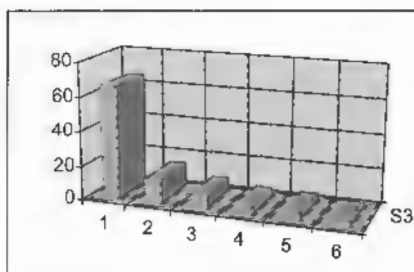
Grafico 2



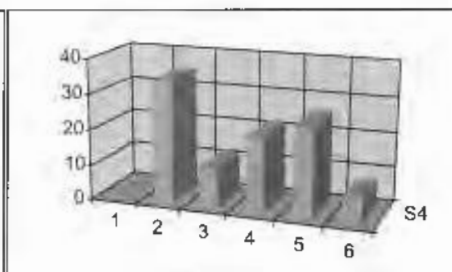
a) Arenaria



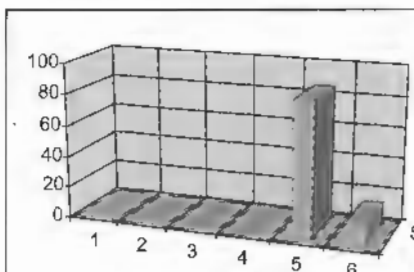
b) Calcari



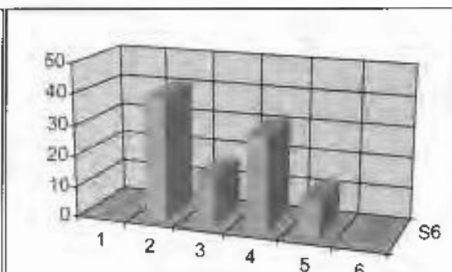
c) Concrezioni



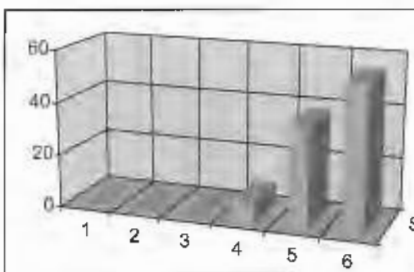
d) Calcite



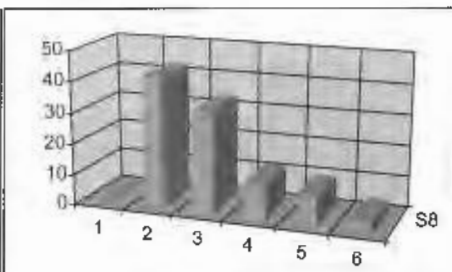
e) Gesso



f) Quarzite



g) Quarzo



h) Selce

GRAFICO 2

Rappresentazione grafica della distribuzione delle percentuali delle principali litologie presenti nelle classi granulometriche comprese fra 64 mm e 1 mm.

	1	2	3	4	5	6	
<b>ARENARIA</b> (S1)	78,04 %	7,14 %	8,93 %	4,37 %	1,26 %	0,26 %	100,0 %
<b>CALCARE</b> (S2)	31,63 %	45,29 %	9,97 %	6,08 %	4,62 %	2,41 %	100,0 %
<b>CONCREZIONE</b> (S3)	65,74 %	14,29 %	8,00 %	4,97 %	4,53 %	2,47 %	100,0 %
<b>CALCITE</b> (S4)		34,80 %	11,38 %	21,44 %	25,16 %	7,22 %	100,0 %
<b>GESSO</b> (S5)					86,36 %	13,64 %	100,0 %
<b>QUARZITE</b> (S6)		40,30 %	16,41 %	30,60 %	11,94 %	0,75 %	100,0 %
<b>QUARZO</b> (S7)				7,76 %	37,93 %	54,31 %	100,0 %
<b>SELCE</b> (S8)		42,59 %	32,90 %	11,53 %	9,60 %	3,38 %	100,0 %

TABELLA 4 - Distribuzione percentuale delle varie litologie nelle singole classi granulometriche (64 / 1 mm).

	7	8	9	10	11	12
<b>QUARZO</b>	dominante	dominante	dominante	abbondante	abbondante	abbondante
<b>FELDSPATO</b>	ben presente	ben presente	ben presente	ben presente	presente	scarso
<b>CAOLINITE</b>	presente	presente	presente	tracce	tracce	tracce
<b>MONTMORILLONITE</b>	assente	molto scarsa	molto scarsa	tracce	scarsa	presente
<b>ILLITE</b>	assente	scarsa	tracce	tracce	presente	presente
<b>CLORITE</b>	assente	scarsa	scarsa	tracce	tracce	tracce
<b>CALCITE</b>	abbondante	abbondante	abbondante	dominante	abbondante	abbondante
<b>DOLOMITE</b>	scarsa	presente	tracce	tracce	presente	scarsa
<b>GESSO</b>	tracce	tracce	assente	assente	assente	assente
<b>EMATITE</b>	tracce	assente	tracce	assente	assente	assente
<b>Sostanza amorfa</b>	non rilevabile	rilevabile	non rilevabile	non rilevabile	non rilevabile	rilevabile

TABELLA 5 - Distribuzione percentuale delle singole litologie riconosciute all'interno delle frazioni clastiche comprese fra 64 mm e 1 mm.

	7	8	9	10	11	12
<b>QUARZO</b>	dominante	dominante	dominante	abbondante	abbondante	abbondante
<b>FELDSPATO</b>	ben presente	ben presente	ben presente	ben presente	presente	scarso
<b>CAOLINITE</b>	presente	presente	presente	tracce	tracce	tracce
<b>MONTMORILLONITE</b>	assente	molto scarsa	molto scarsa	tracce	scarsa	presente
<b>ILLITE</b>	assente	scarsa	tracce	tracce	presente	presente
<b>CLORITE</b>	assente	scarsa	scarsa	tracce	tracce	tracce
<b>CALCITE</b>	abbondante	abbondante	abbondante	dominante	abbondante	abbondante
<b>DOLOMITE</b>	scarsa	presente	tracce	tracce	presente	scarsa
<b>GESSO</b>	tracce	tracce	assente	assente	assente	assente
<b>EMATITE</b>	tracce	assente	tracce	assente	assente	assente
<b>Sostanza amorfa</b>	non rilevabile	rilevabile	non rilevabile	non rilevabile	non rilevabile	rilevabile

TABELLA 6 - Composizione mineralogica qualitativa e semi-quantitativa della componente detritica < 1 mm.

## TABELLA 6

Il comportamento distributivo dei minerali riconosciuti diffrattometricamente e valutato semi-quantitativamente nelle frazioni < 1 mm è il seguente:

**Quarzo:** è sicuramente il minerale più abbondante pur essendo riconoscibile una sua diminuzione nelle frazioni più fini.

**Feldspato:** ben presente nelle frazioni sabbiose, mentre tende a diventare scarso nel silt e nell'argilla.

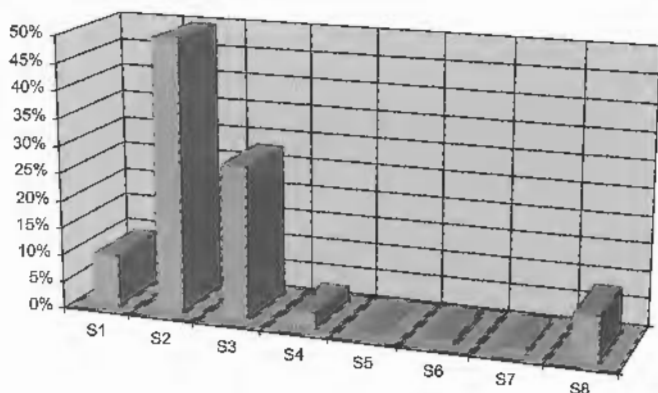
**Caolinite:** si tratta di un minerale argilloso (solitamente prodotto di alterazione del feldspato) presente come il Quarzo nelle classi intermedie sabbiose, mentre diventa componente in tracce dalla sabbia molto fine all'argilla.

**Montmorillonite, Illite, Clorite:** si tratta di altri minerali argillosi di difficile definizione distributiva data la loro assenza o scarsa presenza.

**Calcite:** è in genere abbondante. Rappresenta il prodotto della disgregazione dei litotipi calcarei identificati.

**Dolomite:** costituisce una presenza poco significativa data la sua prevalente scarsità nelle varie frazioni granulometriche.

**Gesso:** poco significativo nelle frazioni sabbiose intermedie diventa del tutto



**GRAFICO 4** - Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale delle singole litologie riconosciute all'interno delle frazioni clastiche comprese fra 64 mm e 1 mm.

assente dalla componente sabbiosa fine a quella argillosa. Questa scarsità potrebbe essere imputabile alla sua facile solubilità.

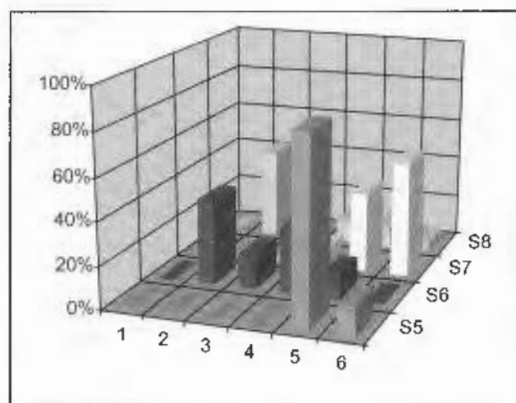
**Ematite:** assolutamente insignificante.

**Sostanza amorfa:** non è rilevabile attraverso l'analisi ai Raggi X ma solo ipotizzabile in base ad alcuni caratteri del tracciato diffrattometrico.

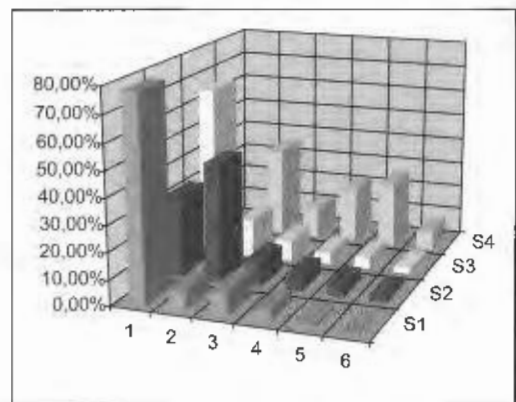
## FORME DEI GRANULI E LORO SIGNIFICATO

I caratteri morfologici di un clasto, unitamente alle sue dimensioni e al suo peso specifico, ne condizionano il comportamento idraulico; possono perciò fornire suggerimenti per l'interpretazione dei meccanismi di trasporto e di deposito. Inoltre la forma, dipendendo anche dalla composizione litologica e dalla tessitura della roccia madre, può quindi fornire alcune indicazioni anche sulla provincia petrografica di provenienza. Al fine di individuare alcuni caratteri specifici connessi con il trasporto meccanico sono state effettuate osservazioni morfoscopiche (= osservazioni qualitative riguardanti le caratteristiche morfologiche delle particelle) e morfometriche (= misura e rappresentazione dei caratteri quantificabili) sui ciottoli e sui granuli con diametri compresi fra 64 mm e 4 mm.

Per rendere meglio interpretabili i dati geometrici ottenuti, i clasti di ciascuna delle classi granulometriche considerate sono stati suddivisi in fun-



a)



b)

**GRAFICO 3**

Rappresentazione comparativa e riassuntiva delle percentuali distributive delle principali litologie riconosciute (simbologia: vedi Tabella 1,3).

zione della loro composizione litologica dominante nei seguenti tre gruppi:

- **frammenti silicei** (corrispondenti a selci, quarziti, quarzo, e arenarie di sicura provenienza esterna),
- **frammenti calcarei** (appartenenti a straterelli il cui andamento risultava ancora riconoscibile e di prevalente provenienza esterna),
- **frammenti di concrezioni calcaree** (di sicura provenienza interna).

In base ai dati morfometrici ottenuti dalle relazioni fra le tre intercette principali (diametro maggiore, intermedio e minore) dei ciottoli e dei granuli considerati, sono stati definiti i seguenti parametri: forma fondamentale, sfericità, appiattimento e arrotondamento.

#### a) Forme fondamentali

Quattro sono le forme principali riconoscibili: sferica o equiassiale, discoidale o biassiale o piatta, allungata o uniassiale o cilindrica, lamellare o triassiale (piatta-allungata). Esse vengono definite in base ai rapporti fra le intercette principali a, b e c di ogni clasto. Tali raggruppamenti sono stati ottenuti utilizzando i rapporti b/a e c/b riportati sul diagramma di ZINGG (1935), in cui è definita la seguente classificazione:

	b/a	c/b	Forma
I	> 2/3	< 2/3	<b>Discoidale</b>
II	> 2/3	> 2/3	<b>Sferica</b>
III	< 2/3	< 2/3	<b>Lamellare</b>
IV	< 2/3	> 2/3	<b>Allungata</b>

Da ricordare che queste quattro forme non devono essere intese come il risultato finale dovuto all'azione degli agenti meccanici, quanto piuttosto come la testimonianza della forma di partenza del clasto.

Va tenuto presente che, in funzione dell'entità del trasporto, una debole attività abrasiva può favorire una progressiva sfericità; parimenti elementi tessiturali come la fissilità portano in prevalenza a forme discoidali, mentre una fessurazione di tipo prismatico darà clasti lamellari e allungati.

#### b) Sfericità

L'abito di un clasto, definito dalle quattro forme di base, può essere espresso anche mediante un confronto con una sfera; quest'ultima presenta comportamenti peculiari dal punto di vista del trasporto idraulico: a parità di peso e di volume, essa è caratterizzata dalla più alta velocità di caduta. Pertanto quanto più un clasto presenta forme che si differenziano da quella sferica, tanto più è la resistenza che lo stesso oppone al fluido.

Vari sono stati i metodi analitici proposti per definire l'indice di sfericità di un clasto; fra questi è stato da noi utilizzato quello riportato da RICCI LUCCHI (1980) il quale fa riferimento al rapporto fra l'intercetta media e quella maggiore (b/a). Questo carattere morfometrico varia rapidamente durante le prime fasi del trasporto, per poi tendere velocemente verso il suo limite massimo. Quest'ultimo è condizionato parzialmente dalla resistenza vettoriale all'usura del materiale.

#### c) Appiattimento

Questo carattere è stato, dai più, interpretato come la risultante di un diverso tipo di abrasione del clasto, in funzione di un suo trasporto in un'unica direzione da parte di un corso d'acqua, oppure dell'azione di battigia in ambiente marino. Il metodo analitico utilizzato in questo studio per determinare l'indice di appiattimento è quello indicato da CAILLEUX (1945) che utilizza il rapporto:

$$\frac{a+b}{2c}$$

dove:

- a = intercetta maggiore
- b = " intermedia
- c = " minore

#### d) Arrotondamento

L'arrotondamento può essere considerato come la valutazione dello smussamento degli originari spigoli di un clasto. In pratica esso rappresenta l'effetto dell'usura subita durante il trasporto. E' condizionato dal percorso effettuato, dalla durata e dall'intensità del trasporto, dalla natura litologica e dalle dimensioni del frammento.

Anche per la determinazione dell'arrotondamento sono stati proposti vari metodi analitici; in questo lavoro viene utilizzato il metodo del confronto visivo con sagome corrispondenti a valori pre-calcolati (POWERS, 1953). Tali sagome sono suddivise in sei classi in base alla progressiva diminuzione degli spigoli dei clasti.

## DISCUSSIONE DEI GRAFICI (5-7) E DELLE TABELLE (7-9)

### GRAFICO 5 e TABELLA 7

Utilizzando i dati in base ai quali sono stati costruiti i singoli istogrammi riportati nel Grafico 5, è stata ottenuta la Tabella 7. In base a quest'ultima, appare evidente che i frammenti silicei, di sicura provenienza esterna, presentano una elevata percentuale di forme sferiche, interpretabili come dovute ad un lungo trasporto; ben rappresentate quelle discoidali che, unitamente a quelle lamellari, sono dovute prevalentemente ad abrasione piano-parallela; le forme allungate, presenti in percentuali contenute, sono attribuibili sicuramente alla morfologia originaria. I frammenti calcarei, anch'essi di provenienza esterna, presentano soprattutto forme discoidali e lamellari, in subordine quelle sferiche, trascurabili quelle allungate. Questa distribuzione è chiaramente condizionata alla specifica natura litologica e alla connessa scarsa resistenza all'usura soprattutto in relazione all'abrasione piano-parallela; questi frammenti hanno sicuramente subito un trasporto inferiore ai precedenti. Per queste due classi litologiche (frammenti silicei e calcarei) la distribuzione percentuale nelle quattro forme fondamentali è perciò sostanzialmente equivalente a quella riscontrabile nei depositi quarternari esterni. Il concetto di traspor-

to più o meno prolungato va quindi riferito all'insieme di eventi che hanno preceduto e accompagnato la formazione di questi depositi esterni, più che all'evento che ne ha provocato la successiva erosione e ha condotto alla deposizione in grotta. Per quanto riguarda i frammenti di concrezioni, si tratta di una componente clastica che deriva dallo smantellamento di depositi chimici interni alla grotta, che non hanno subito trasporto prolungato. Le forme riconosciute, pertanto, ricalcano quelle che erano le morfologie specifiche dei clasti al momento dello smantellamento del deposito. La distribuzione riassuntiva delle quattro forme fondamentali di tutti i frammenti esaminati nelle quattro frazioni litologiche comprese fra 64 e 4 mm è la seguente:

$$\begin{array}{ll} D = 36 \% & S = 30 \% \\ L = 19 \% & A = 15 \% \end{array}$$

Tali dati ribadiscono le osservazioni effettuate per ogni singolo gruppo litologico.

### TABELLA 8

Dai dati riportati appare evidente che nella classe granulometrica > 32 mm abbiamo una concentrazione degli indici di sfericità fra 0,7 e 0,9; nelle successive classi, si nota solo una leggera progressiva diminuzione che vede, soprattutto nella classe inferiore (8-4 mm) una concentrazione degli

indici nelle classi 0,6 e 0,8. Da notare che all'interno delle singole classi granulometriche, la distribuzione degli indici è sempre estremamente regolare. Nell'ultima colonna, che riassume i dati complessivi delle quattro classi granulometriche, appare estremamente regolare la distribuzione degli indici di sfericità, identificando la maggiore concentrazione nell'ambito del valore 0,8. Va infine ricordato che, le stesse considerazioni di cui sopra, vengono suggerite anche dall'andamento degli indici nei singoli gruppi litologici, ottenuto dall'elaborazione dei dati in base ai quali è stato costruito il Grafico 6. La

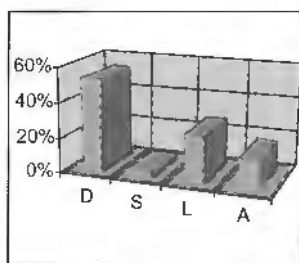
	Frammenti silicei 64-4 mm	Frammenti calcarei 64-4 mm	Frammenti di concrezioni 64-4 mm
D	28 %	38 %	42 %
S	48 %	16 %	28 %
L	11 %	39 %	6 %
A	13 %	7 %	24 %

TABELLA 7 - Forme fondamentali. Distribuzione percentuale delle quattro forme fondamentali relative ai tre gruppi litologici dominanti presenti nelle frazioni granulometriche comprese fra 64 e 4 mm.

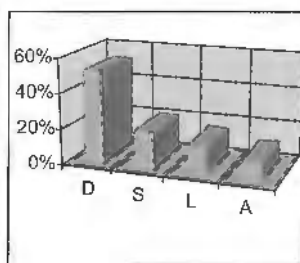
Indice di sfericità'	Diametro: 64-32 mm	Diametro: 32-16 mm	Diametro: 16-8 mm	Diametro: 8-4 mm	Diametro: 64-4 mm
0,1	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
0,2	0 %	0 %	1,12 %	0,25 %	0,34 %
0,3	0 %	0 %	1,99 %	1,44 %	0,86 %
0,4	0 %	4,44 %	1,11 %	3,24 %	2,21 %
0,5	0 %	8,74 %	8,07 %	10,57 %	6,84 %
0,6	4,76 %	17,51 %	20,38 %	28,75 %	17,85 %
0,7	26,99 %	19,31 %	28,61 %	22,31 %	24,31 %
0,8	42,06 %	30,97 %	26,29 %	24,65 %	30,98 %
0,9	26,19 %	19,03 %	12,43 %	8,08 %	16,43 %
1,0	0 %	0 %	0 %	0,71 %	0,18 %

TABELLA 8 - Indice di sfericità. Distribuzione degli indici di sfericità nelle singole frazioni granulometriche e nel loro insieme.

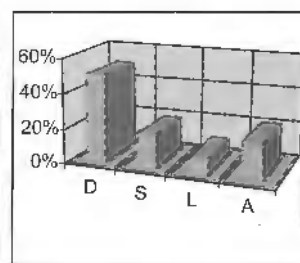
Grafico 5



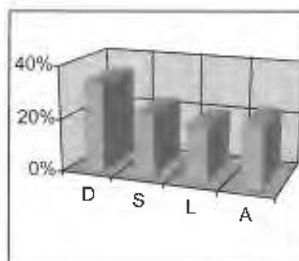
1a)



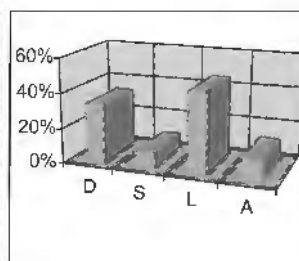
1b)



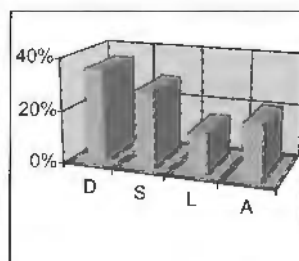
1c)



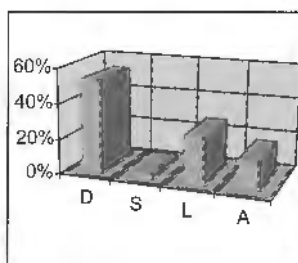
2a)



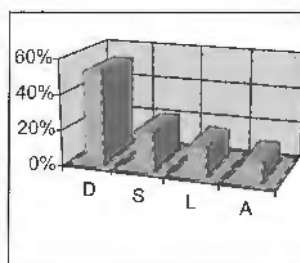
2b)



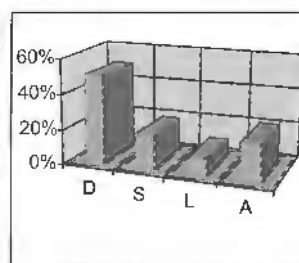
2c)



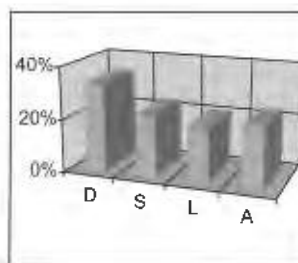
3a)



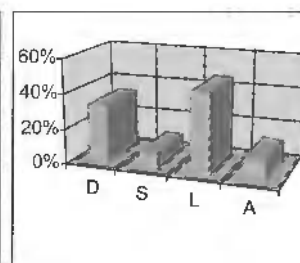
3b)



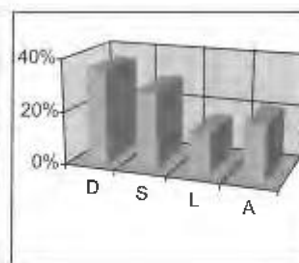
3c)



4a)



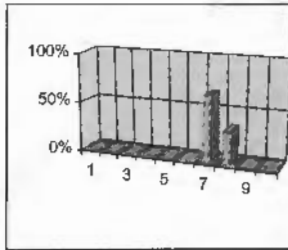
4b)



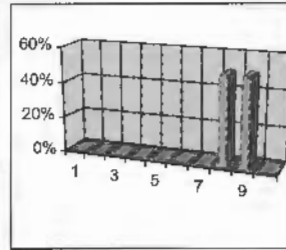
4c)

**GRAFICO 5** - Forme fondamentali. Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale delle quattro forme fondamentali riconosciute nei clasti esaminati: D = discoidale; S = sferica; L = lamellare; A = allungata. I numeri (in alto a sinistra) fanno riferimento alla frazione granulometrica (1 = 64-32 mm; 2 = 32-16 mm; 3 = 16-8 mm; 4 = 8-4 mm), mentre le lettere in minuscolo indicano i tre gruppi litologici dominanti (a: frammenti silicei; b: frammenti calcarei; c: frammenti di concrezioni).

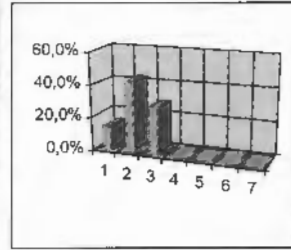
Gráfico 6



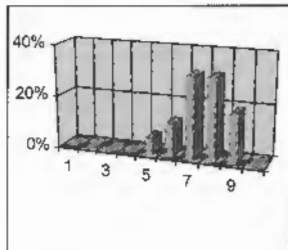
1a)



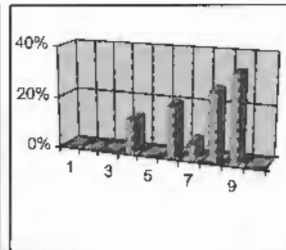
1b)



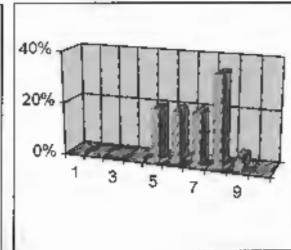
1c)



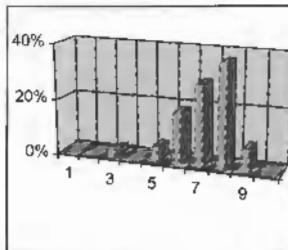
2a)



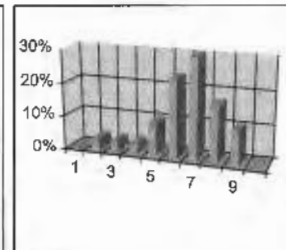
2b)



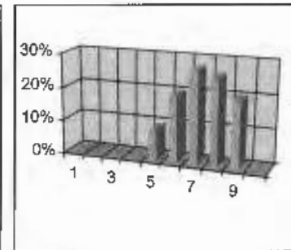
2c)



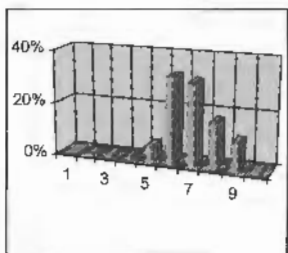
3a)



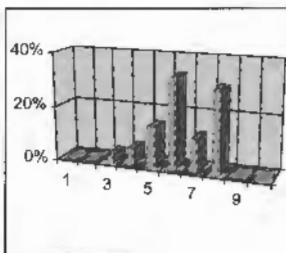
3b)



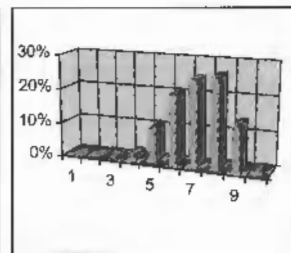
3c)



4a)



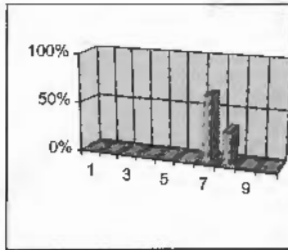
4b)



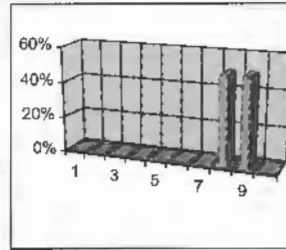
4c)

**GRAFICO 6** - Indice di sfericità. Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale degli indici di sfericità. I numeri (in alto a sinistra) corrispondono alle frazioni granulometriche (1 = 64-32 mm; 2 = 32-16 mm; 3 = 16-8 mm; 4 = 8-4 mm); le lettere in minuscolo fanno riferimento ai tre gruppi litologici dominanti (a: frammenti silicei; b: frammenti calcarei; c: frammenti di concrezioni). Gli indici di sfericità, in ascisse, vengono riportati in scala lineare, dove: 1 = 0,1; 2 = 0,2; 3 = 0,3; .....10 = 1,0.

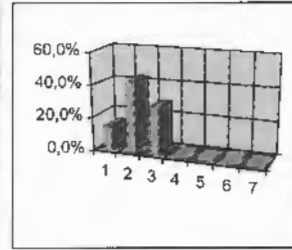
Gráfico 6



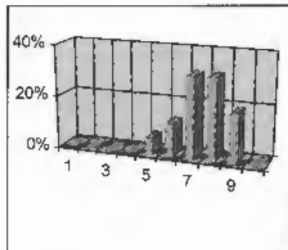
1a)



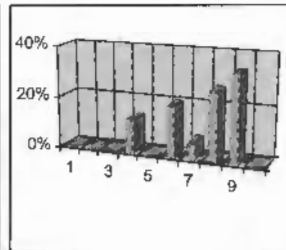
1b)



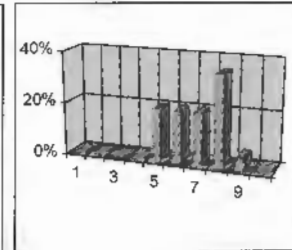
1c)



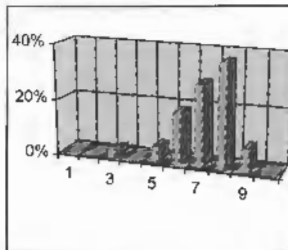
2a)



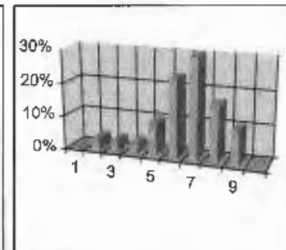
2b)



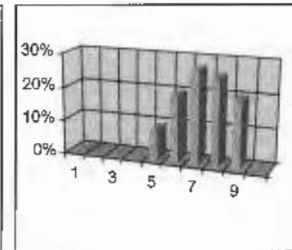
2c)



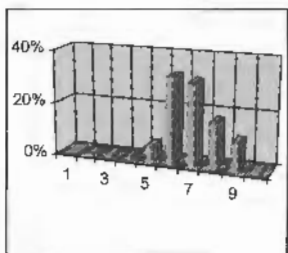
3a)



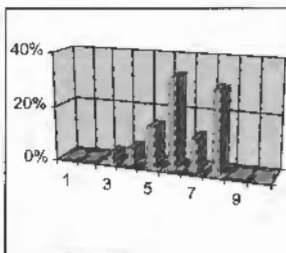
3b)



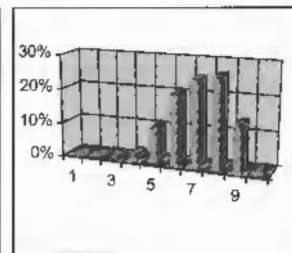
3c)



4a)



4b)



4c)

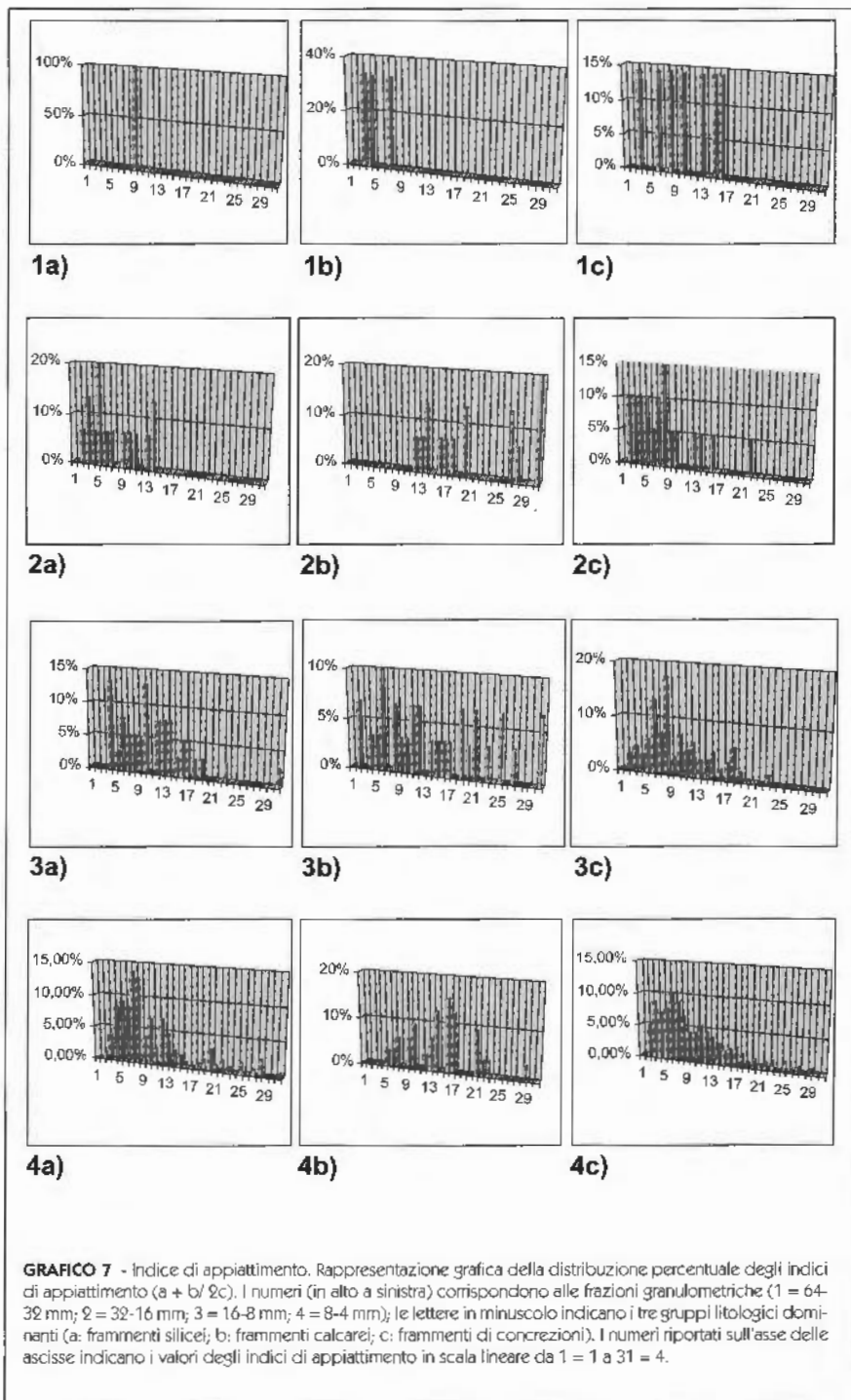
**GRAFICO 6** - Indice di sfericità. Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale degli indici di sfericità. I numeri (in alto a sinistra) corrispondono alle frazioni granulometriche (1 = 64-32 mm; 2 = 32-16 mm; 3 = 16-8 mm; 4 = 8-4 mm); le lettere in minuscolo fanno riferimento ai tre gruppi litologici dominanti (a: frammenti silicei; b: frammenti calcarei; c: frammenti di concrezioni). Gli indici di sfericità, in ascisse, vengono riportati in scala lineare, dove: 1 = 0,1; 2 = 0,2; 3 = 0,3;.....10 = 1,0.

leggera diminuzione del valore degli indici di sfericità nelle classi granulometriche inferiori, tenendo conto del particolare ambiente di deposizione del campione da noi esaminato, potrebbe essere condizionato dalle strutture originarie della roccia madre, ed anche dai particolari processi di selezione meccanica, come

già ipotizzato da altri Autori per ambienti diversi (RUSSELL, 1939; PETTJOHN & LUNDAHL, 1943). Inoltre, possono aver influito sulla forma dei clasti le azioni di abrasione che avvengono durante il trasporto, causate da particolari meccanismi di classazione, di cui la sfericità ne rappresenta un fattore; pertanto i risultati relativi alla sfericità diventano così il prodotto di una azione combinata di cause ed effetti.

#### GRAFICO 7

L'indice di appiattimento rappresenta uno dei parametri morfometrici di più incerta interpretazione, come già sottolineato da numerosi Autori; fra questi ultimi, CAILLEUX (1945), che aveva definito tale indice, ha anche proposto che i clasti con indice  $> 2,1$  corrispondessero a materiali di spiaggia, mentre quelli con valore  $< 2,1$  a depositi fluviali o torrentizi. L'elaborazione dei dati relativi ai materiali indagati, riferiti all'indice di appiattimento  $2,1$  ha permesso di determinare che più del 65 % dei clasti dovrebbero corrispondere a depositi tipici di rimaneggiamento torrentizio. L'azione selettiva su questi clasti sarebbe avvenuta in base alla forma e alle dimensioni in un ambiente idrodinamico particolarmente turbolento.

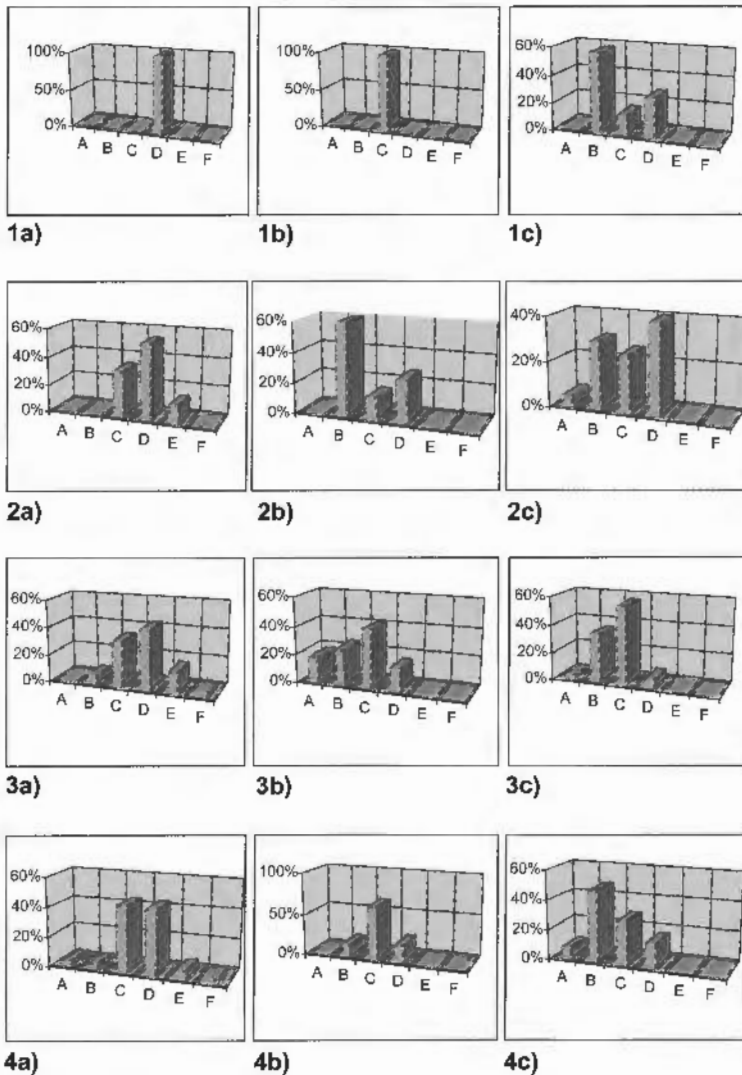


**GRAFICO 7** - Indice di appiattimento. Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale degli indici di appiattimento (a + b/2c). I numeri (in alto a sinistra) corrispondono alle frazioni granulometriche (1 = 64-32 mm; 2 = 32-16 mm; 3 = 16-8 mm; 4 = 8-4 mm); le lettere in minuscolo indicano i tre gruppi litologici dominanti (a: frammenti silicei; b: frammenti calcarei; c: frammenti di concrezioni). I numeri riportati sull'asse delle ascisse indicano i valori degli indici di appiattimento in scala lineare da 1 = 1 a 31 = 4.

**GRAFICO 8 e TABELLA 9**

L'arrotondamento di un clasto rappresenta uno degli elementi morfometrici che forniscono maggiori indicazioni sulle azioni di trasporto che esso ha subito. Questo carattere è funzione del grado di usura progressiva delle asperità ed è dato dalla misura del valore angolare degli spigoli e dei bordi del frammento trasportato che tende, con il trasporto, ad assumere contorni lisci e curvature superficiali più attenuate.

L'arrotondamento, pertanto, risulta subordinato alla distanza, alla durata ed intensità del trasporto, alla litologia e alle dimensioni del frammento; esso può essere espresso attraverso l'indice di arrotondamento ricavabile attraverso calcoli analitici, oppure tramite confronto visivo con sagome corrispondenti a valori pre-calcolati (SHEPARD, 1963) che definiscono le sei classi di arrotondamento (POWERS, 1953) indicate nella legenda



**GRAFICO 8** - Arrotondamento. Rappresentazione grafica della distribuzione percentuale dei clasti esaminati nelle classi di arrotondamento (in ascisse: A = molto angolosa; B = angolosa; C = subangolosa; D = subarrotondata; E = arrotondata; F = molto (ben) arrotondata. I numeri (in alto a sinistra) corrispondono alle frazioni granulometriche (1 = 64-32 mm; 2 = 32-16 mm; 3 = 16-8 mm; 4 = 8-4 mm); le lettere in minuscolo indicano i tre gruppi litologici dominanti (a: frammenti siliceo; b: frammenti calcarei; c: frammenti di concrezioni).

Classe di arrotondamento	Frammenti silicei 64-4 mm	Frammenti calcarei 64-4 mm	Frammenti di concrezioni 64-4 mm
A	0,71 %	4,70 %	3,73 %
B	2,16 %	25,07 %	42,63 %
C	27,62 %	54,46 %	30,96 %
D	59,95 %	15,77 %	22,68 %
E	8,33 %	0 %	0 %
F	1,23 %	0 %	0 %

**TABELLA 9** - Arrotondamento. Distribuzione percentuale delle classi di arrotondamento relative ai tre gruppi litologici dominanti presenti nelle frazioni granulometriche comprese fra 64-4 mm.

del Grafico 8. La classificazione visiva condotta sui clasti compresi fra 64-4 mm ha permesso di definire le percentuali di appartenenza a dette classi. In base alla elaborazione di questi dati è stata costruita la Tabella 9. Da quest'ultima risulta che i frammenti silicei hanno forme a dominanza subarrotondate (D), i frammenti calcarei sono subangolosi (C), mentre i frammenti di concrezioni sono soprattutto angolosi (B). Elaborando i dati percentuali relativi alle singole classi granulometriche, riferiti all'insieme dei tre gruppi litologici dominanti, risulta che tra 64-16 mm abbiamo una dominanza della classe D (subarrotondata), mentre tra 16-4 mm diventa prevalente la classe C (subangolosa).

La distribuzione del grado di arrotondamento nelle diverse classi, pertanto, ribadisce l'influenza della natura litologica, dell'intensità e della durata del trasporto. In particolare, i frammenti silicei e quelli calcarei, in netta dominanza di provenienza esterna, hanno sicuramente subito un trasporto prolungato; per i frammenti di concrezioni, formati e rimaneggiati all'interno della cavità, l'elemento condizionante è ricollegabile soprattutto al trasporto (limitato, anche se intenso).

### **OSSERVAZIONI E CONSIDERAZIONI**

I numerosi dati forniti dalle varie analisi effettuate anche se relativi ad un'unica stazione di campionatura, hanno suggerito considerazioni non solo sul loro reale e specifico significato, ma anche riflessioni interpretative sul poco studiato, ma vasto, fenomeno dei riempimenti fisici presenti nelle grotte della fascia collinare gessosa dell'Emilia Romagna.

In base alle nostre determinazioni petrografiche, che hanno permesso di definire tre classi litologiche dominanti e, in accordo a quanto sostenuto

da VEGGIANI (1965) e da PAREA (1972), gran parte del materiale siliceo (selci, quarziti, arenarie) e calcareo proviene dalle formazioni flyschoidi appenniniche.

La presenza, soprattutto nella frazione sabbiosa più grossolana, di selci rosse arrotondate, potrebbe confermare l'ipotesi dei suddetti Autori sull'esistenza di un contributo clastico siliceo proveniente dalla Serie Marchigiana (Scaglia), interpretato come trasporto da correnti di riva all'interno dell'antico Golfo Padano.

La notevole quantità di frammenti di concrezioni calcaree, di sicura provenienza interna alla cavità, testimonia a sua volta che, antecedentemente alle fasi di smantellamento e di frammentazione di tali depositi chimici, di trasporto e di sedimentazione dei clasti prodotti, la Grotta Calindri era caratterizzata da vasti e potenti concrezionamenti.

Per quanto riguarda invece la componente clastica sabbioso-limosa-argillosa, essa è ricollegabile soprattutto alle formazioni appenniniche affioranti nel bacino imbrifero esterno del torrente che percorre la grotta; non è tuttavia da escludere la possibilità di un contributo detritico sia da parte degli interstrati pelitici presenti nella Formazione evaporitica, che da parte delle coperture ad essa sovrastanti. In questo caso si può pensare ad un trasporto all'interno della cavità attraverso inghiottitoi secondari e doline, analoghi a quelli che, anche attualmente, si osservano nell'affioramento gessoso entro cui si sviluppa il sistema carsico della Grotta Calindri.

Occorre comunque precisare che la Calindri si sviluppa all'interno di un unico banco di gesso, senza intersecare gli interstrati massosi (di potenza spesso superiore al metro) che separano i banchi evaporitici. Lungo il percorso principale del torrente (sia nelle parti fossili che nelle attive) non si verificano quindi azioni di smantellamento di questi interstrati, come è invece ampiamente

osservabile nell'adiacente sistema Spipola-Acquafredda.

L'esame analitico dei dati morfoscopici (composizione litologica) e morfometrici (forme fondamentali, sfericità, appiattimento, arrotondamento) di oltre 750 clasti, ha portato alle seguenti considerazioni: il materiale siliceo ha subito un lungo ed intenso trasporto (di tipo torrentizio) che ne ha favorito una progressiva diminuzione granulometrica con tendenza ad una elevata sfericità; nei casi di maggiore appiattimento, questo materiale può essere considerato il prodotto di elaborazione da parte di correnti di spiaggia.

I frammenti calcarei, caratterizzati da forme più varie, sono anch'essi in netta dominanza ricollegabili a trasporto torrentizio, però sicuramente più breve di quello che ha interessato i clasti silicei. Parametri influenti sulle forme e sulla granulometria dei clasti calcarei, sono identificabili anche nella loro natura litologica, nelle dimensioni di partenza, nelle loro tessiture e strutture originarie, nei loro diversi tipi di fessurazione e infine nell'entità del trasporto subito.

I frammenti di concrezioni, che rappresentano una presenza peculiare della cavità, raramente mostrano caratteri indicativi di un trasporto prolungato, quanto piuttosto di un trasporto spazialmente limitato ma turbolento. Uno degli elementi che sicuramente hanno condizionato le forme di questi frammenti, è da identificarsi nei caratteri tessuturali e strutturali originari specifici di un deposito concrezionante (successione di livelli di incrostazione).

Data la quantità, le dimensioni e i caratteri dei materiali che costituiscono questi riempimenti, è ipotizzabile che il mezzo che li ha trasportati e depositati, fosse caratterizzato da una grande portata d'acqua contraddistinta da una elevata energia meccanica. E' ipotizzabile che grandi volumi di acqua possano essere considerati come indicatori di fasi climatiche particolarmente piovose, che avrebbero favorito il progressivo ispessimento dei riempimenti interni attraverso ripetuti fenomeni di sedimentazione.

Non particolarmente chiare sono le cause che hanno favorito la deposizione, all'interno non solo di questa ma di tante altre cavità dell'Emilia Romagna, di potenti riempimenti da ghiaiosi ad argillosi. Sicuramente dovevano esistere delle cause che, ostacolando il normale deflusso delle acque ad elevato carico torbido, favorivano la deposizione del materiale trasportato. Numerose potevano essere le motivazioni; fra queste possia-

mo ricordare improvvisi ostacoli interni quali crolli o franamenti anche di origine tettonica, restringimenti del percorso ipogeo, ecc. Non sono da escludere però rallentamenti dovuti anche a cause a carattere regionale che avrebbero limitato o addirittura impedito il normale deflusso all'esterno delle acque sotterranee ad elevato carico clastico. Queste cause potrebbero essere identificate o in momentanei innalzamenti del livello marino che avrebbe superato le quote di risorgenza di questa e di altre cavità con conseguente innalzamento della quota dei terrazzi (torrentizi o marini), oppure restringimenti per parziale occlusione dei punti di risorgenza causati ad esempio da frane esterne.



*Progressione lungo il cañon*

## PRINCIPALI RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BERTOLANI M. & ROSSI A., 1972 - *La grotta M. Gortani (31 E/BO) a Gessi di Zola Predosa (Bo)*. Mem. X della Rassegna Speleologica Italiana, pp. 206-245.
- CAILLEUX A., 1945 - *Distinction des galets marins et fluviaux*. Bull. Soc. Geol. France, ser. V, vol. 15, pp 375-404.
- COSTA G.P. & SAMI M., 1988 - *Recent land vertebrate discoveries in the surroundings of Faenza (Romagna Appennines) description of stops*. Continental faunas at the Miocene/Pliocene boundary. International Workshop, Faenza, March 28-31, 1988.
- KRUMBEN W.C. & SLOSS L.L., 1979 - *Stratigrafia e sedimentazione*. Centro Editoriale Romano-Roma, pp 1-499.
- PAREA G.C., 1972 - *Osservazioni geomorfologiche e sedimentologiche*. Da: GRUPPO SPELEOLOGICO EMILIANO C.A.I.-Modena: "Studio della Grotta di fianco alla chiesa di Gaibola nei gessi delle colline bolognesi". Rassegna speleo. It. Anno IV, Fasc. 2, pp 113-130.
- PETTIJOHN F.J. & LUNDAHL, 1943 - *Shape and roundness of Lake Erie beach sands*. J. Sed. Pet. Vol. 13, pp 69-78.
- POWERS M.C., 1953 - *A new roundness scale for sedimentary particles*. J. Sed. Pet. Vol. 23, pp 117-119
- RICCI LUCCHI F., 1980 - *Sedimentologia. Parte I*. CLUEB, pp1-226.
- RUSSEL R.D., 1939 - *Effects of transportation on sedimentary particles in Recent Marine sediments*. Tulsa, Amer. Ass. Petroleum Geol., pp 32-47.
- SHEPARD F.P., 1963 - *Submarine geology*. Harper & Row, 558 pp, Evanston.
- VEGGIANI A., 1965 - *Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario*. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 84 (1-2), pp 315-328.
- ZINGG TH., 1935 - *Beitrag zur Shotteranalyse*. Schweiz. Min. v. Pet. Mitt., Bd. 15, pp 39-140.
- WENTWORTH C.K., 1922 - *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Jour. Geol., vol. 30, pp 377-392.

### Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano Paolo Grimandi  
e Danilo Demaria del GSB-USB  
per le osservazioni  
e la revisione critica del testo.