

SOMMARIO



In copertina
Il Canyon della Calindri
(foto D. Odorici - G.S.B.-U.S.B.)

Retro di copertina
**Stalattiti e infiorescenze gessose
nel ramo prima della Sala**
(foto P. Grimandi - G.S.B.-U.S.B.)

*Le foto pubblicate
in questo numero sono di:*

E. Altara: pag. 7
C. Busi: pag. 78, 80
G. Cipressi: pag. 44
D. Demaria: pag. 11
L. Fantini: pag. 13
P. Ferrieri: pag. 33, 34/b, 36, 37
P. Forti: pag. 31, 34/a, 35, 39, 88, 89
P. Grimandi: pag. 18, 21, 27, 29, 43, 45, 53
D. Odorici: pag. 17, 20, 22, 25/a, 42, 64, 73
J. Palumbo: pag. 67
P. Pontrandolfi: pag. 25/b
D. Postpischl: pag. 5
A. Rossi: pag. 48, 50
M. Tonelli: pag. 77, 79
M. Vianelli: pag. 23
Archivio GSB-USB: pag. 91
Museo Civico Arch. di Bologna: pag. 74
Museo L. Donini: pag. 69

SOTTO TERRA

INDICE

Abstract <i>a cura di Jeremy Palumbo</i>	pag. 2
Presentazione	pag. 3
Introduzione	pag. 4
1964: la scoperta e l'esplorazione della Grotta Serafino Calindri <i>di Giancarlo Zuffa</i>	pag. 5
Il Sistema carsico della Grotta Calindri <i>di Danilo Demaria e Paolo Grimandi</i>	pag. 7
I depositi chimici presenti nella Grotta Calindri <i>di Paolo Forti</i>	pag. 31
Androniscus dentiger	pag. 42
La circolazione dell'aria	pag. 44
Caratteri morfoscopici, petrografici e mineralogici dei riempimenti della Grotta Calindri <i>di Antonio Rossi e B.S.L. Mazzarella</i>	pag. 45
I reperti fossili würmiani <i>di Paolo Reggiani</i>	pag. 67
La frequentazione umana <i>di Fiamma Lenzi</i>	pag. 71
Indagini archeometriche sui manufatti in scagliola della Grotta Calindri <i>di Antonio Rossi e Danilo Demaria</i>	pag. 76
I Foraminiferi: un elemento alternativo di interpretazione nello studio delle grotte <i>di Giuliana Panieri</i>	pag. 82
1964 - 1987: la salvaguardia della Calindri <i>di Paolo Grimandi</i>	pag. 87
Bibliografia	pag. 94

Allegato il Rilievo della Grotta Calindri.

Il Sistema carsico della Grotta Calindri

Danilo Demaria, Paolo Grimandi

Inquadramento geologico

Nell'area in esame affiorano, dal basso verso l'alto stratigrafico, le seguenti unità geologiche:

Formazione di Bismantova (Burdigaliano-Serravalliano). Si presenta in facies di marne – marne calcaree di colore bianco avorio, a stratificazione centimetrica; è legata alla sedimentazione in ambiente di acque poco profonde.

peliti pre-evaporitiche, in parte eusiniche, del Tortoniano-Messiniano inferiore. In basso si presentano come argille mamose grigie fossilifere, a cui si intercalano argille grigio scure, fittamente laminate, bituminose, con rare siltiti; verso l'alto sono sempre più frequenti le argille nerastre anossiche, con livelli carboniosi e concentrazioni di solfuri, ossidati per alterazione. Precedono l'evento evaporitico, mostrando già i segni di una ristretta circolazione delle acque.

Formazione Gessoso-solfifera (Messiniano superiore). Appoggia in continuità e concordanza di sedimentazione sulle peliti sottostanti. È tipicamente costituita da una serie di banconi di gesso (fino a 15), separati da livelli di argille bituminose fittamente laminate ("interstrati"). Alla base, all'interno di queste argille mamose, è presente almeno un ciclo carbonatico ("calcare di base"). L'intera formazione nel suo complesso rappresenta un trend regressivo, iniziato già con le peliti pre-evaporitiche. I banconi di gesso e le associate marne di interstrato costituiscono cicli sedimentari incompleti regressivi di ordine minore. I banchi di gesso sono suddivisibili in più litofacies, ciascuna delle quali rappresenta una ben precisa situazione ambientale e batimetrica, all'interno di una laguna sovrasatura. Alla base si hanno due banconi di spessore minore (circa 10 metri) costituiti da stromatoliti gessificate; i successivi tre banconi sono caratterizzati, oltre che dallo spessore (sui 35 metri), da cristalli di gesso coi caratteristici geminati a ferro di lancia. Nel sesto



Dal punto di vista amministrativo il territorio che ospita il Sistema appartiene principalmente al Comune di San Lazzaro di Savena. Alcune porzioni limitate dei gessi verso ovest e la parte della valle cieca di Budriolo impostata sulle argille ricadono invece nel Comune di Pianoro. Verso est il confine fra i due comuni è stato tracciato seguendo sostanzialmente la base dell'affioramento gessoso.

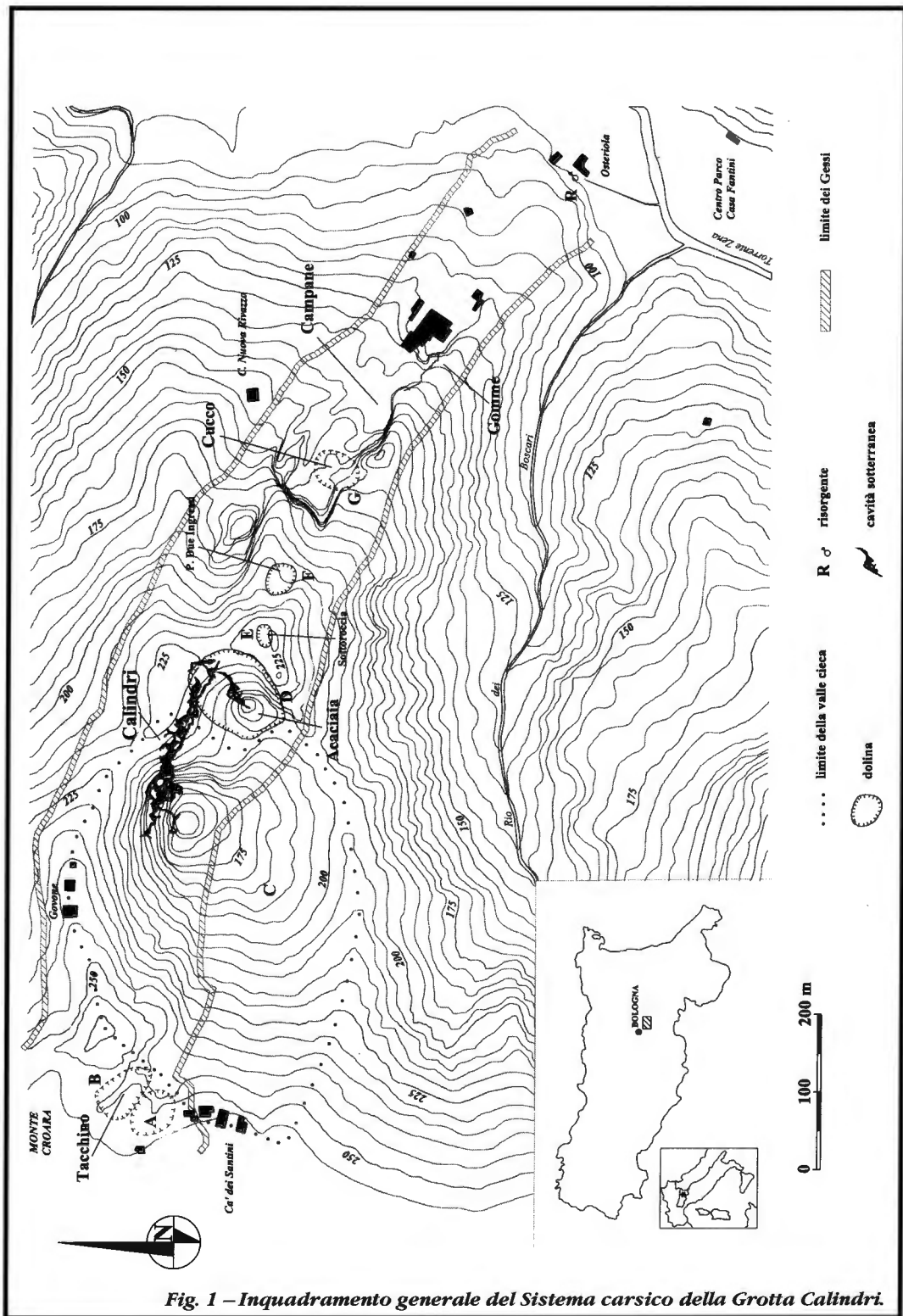


Fig. 1 – Inquadramento generale del Sistema carsico della Grotta Calindri.

bancone si ha la presenza di tutte le litofacies, con strati di gesso a bande e di gesso nodulare e clastico. Nei banconi superiori, sempre meno potenti verso l'alto (dai 25 metri ai 3-4 metri), aumenta la componente di gesso nodulare e clastico rispetto al gesso selenitico.

Formazione a Colombacci (Messiniano sup.). In marcata discordanza rispetto ai gessi. Alla base di questa formazione si hanno conglomerati con ciottoli derivati in massima parte dalle Unità liguri, che si evolvono superiormente a sabbie ed arenarie poco cementate giallastre, per passare ancora più in alto a marne grigie con intercalazioni sabbioso-siltose. Questi depositi, organizzati secondo più cicli incompleti (conglomerati-sabbie-argille) sono inseriti all'interno di una generale tendenza trasgressiva del Messiniano superiore - Pliocene. Nella parte alta della successione compaiono livelli di calcari marnosi o marne calcaree biancastre (i cosiddetti "colombacci"). La formazione, postevaporitica, è legata ad un ambiente continentale misto: fluviale, lagunare e lacustre.

Argille Azzurre (Pliocene-Pleistocene). Si tratta di depositi con prevalenti facies argillose pelagiche, nelle quali si distinguono vari cicli sedimentari minori. I principali sono: il *ciclo pliocenico inferiore*, con uno spessore sul centinaio di metri, il *ciclo pliocenico medio-superiore*, spesso fino ad alcune centinaia di metri e quello *pleistocenico inferiore* (con ospiti freddi). Gli ultimi due cicli hanno una porzione superiore regressiva marcatamente calcarenitico-sabbiosa.

Sabbie Gialle di Imola (Pleistocene inf.). Rappresentano più cicli di deposizione di prevalenti sabbie, dalla tipica colorazione gialla, in ambiente costiero.

Formazione di Olmatello (Pleistocene medio). Marca il passaggio ad ambiente continentale, è legata ad ambiente fluviale e ha dato luogo in più punti al rinvenimento di resti fossili di elefante.

Pleistocene medio-superiore. E' costituito da una serie di unità geologiche di recente istituzione, che rappresentano le varie fasi di

evoluzione del margine appenninico in ambiente continentale. Comprende anche i depositi dei terrazzi intravallivi.

Questa situazione stratigrafica, che vede il susseguirsi di molteplici formazioni nello spazio di pochi chilometri, è stata fortemente complicata dagli eventi tettonici che hanno interessato l'area.

Nella parte a meridione, presso Monte Calvo, le rocce della successione epiligure poggiano su terreni molto più antichi del Cretaceo inferiore, indicati genericamente come tettoniti, ovvero unità prevalentemente argillose, fortemente deformate e disposte secondo scaglie tettoniche.

Alla base dei gessi, i terreni del Tortoniano e del Messiniano inferiore mostrano una struttura a pieghe, con la presenza di una sinclinale e di un'anticlinale poste in rapida successione da sud verso nord.

Altro evidente fenomeno della tettonica locale è la presenza di un retroscorrimento, denominato "Croara-Farneto", che ha portato i terreni del Tortoniano a sovrapporsi sulla porzione settentrionale dei gessi. Le formazioni postevaporitiche (Colombacci, Pliocene, ecc.) poggiano su questo retroscorrimento con un contatto erosivo alla base e non mostrano sostanzialmente ulteriori complicazioni tettoniche, se non quelle derivate dall'azione di faglie normali che hanno dislocato in più punti e con differente potenza tale successione. Per ciò che concerne la Formazione Gessoso-solfifera, fino a non molti anni fa essa era considerata, in maniera del tutto generale, come un'ampia monoclinale, con immersione tutto sommato regolare dei banchi evaporitici verso NE. L'analisi di dettaglio ha però mostrato una situazione assai più complessa (e non poteva essere altrimenti, visto il quadro tettonico delineato sopra).

Ad esempio il retroscorrimento Croara-Farneto, nell'adiacente zona del Farneto, subisce almeno uno sdoppiamento, per cui la sequenza evaporitica ne esce raddoppiata.

Nella dorsale gessosa che scende dal Monte Croara fino al torrente Zena notiamo, a causa di questa azione di retroscorrimento, una situazione particolare.

Occorre innanzitutto precisare che l'intero affioramento gessoso posto tra Savena e Zena non è un tutt'uno omogeneo, ma è suddiviso in blocchi dalle principali faglie ad andamento antiappenninico che caratterizzano l'area. Questa situazione è in realtà più generale ed è una costante di tutte le emergenze evaporitiche dei Gessi Bolognesi.

Nel caso della porzione gessosa che fa capo al Sistema carsico della Grotta Calindri esistono almeno tre blocchi, che sono stati oggetto di un differente sollevamento. La parte più prossima a Monte Croara si presenta infatti inclinata di circa 30°, quella intermedia di 45°-50°, mentre quella affacciata sul torrente Zena è inclinata di 70° (fig. 2). Questa particolare disposizione tettonica ha esercitato un'influenza diretta sulla morfologia superficiale, determinando la struttura della dorsale gessosa ed ha assolto ad una funzione guida fondamentale nello sviluppo del carsismo sotterraneo.

I fenomeni carsici e le prime ricerche speleologiche

L'affioramento gessoso compreso nel settore fra Savena e Zena è suddiviso in due distinti sistemi carsici: quello Spipola-Acquafredda e quello della Grotta Calindri. Quest'ultimo occupa la parte orientale dell'affioramento ed è delimitato ad ovest dal Monte Croara. Lo spartiacque sotterraneo corre all'incirca parallelo alla via Ca' Bianca, che unisce le località di Croara e Monte Calvo.

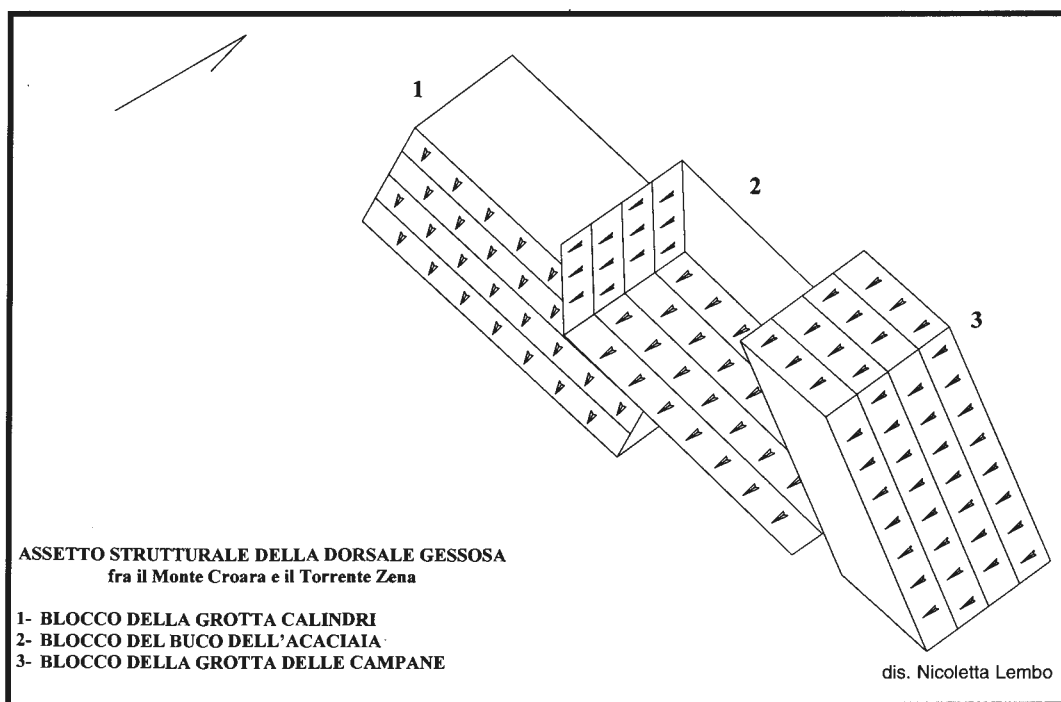
Fra Ca' dei Santini e Monte Croara sono infatti posti gli inghiottitoi più elevati del sistema, mentre la

risorgenza delle acque è situata presso la casa dell'Osteriola, a cento metri di distanza dalla sponda sinistra del torrente Zena, su un terrazzo fluviale del fondovalle.

Altimetricamente si passa dai 260 m del rilievo fra Ca' dei Santini e Govone agli 89 m della risorgente.

Giorgio Trebbi, già nel 1903, annotava che "la 'Buca d'Ariolo', assai vasta e regolare" ed un'altra, forse l'Acaciaia, "probabilmente non sono connesse col sistema idrografico dell'Acquafredda, ma alimentano le sorgenti carsiche allineate nella Valle di Zena, al contatto delle argille coi gessi".

Il termine "Buca d'Ariolo", utilizzato dal Trebbi (una delle figure di primo piano fra i precursori della speleologia emiliana) è una curiosa e paradossale italianizzazione del dialettale *Budariol*, operata dai primi topografi del Regno postunitario in ossequio ad una tendenza allora imperante, ed inserita di conseguenza nelle carte topografiche ottocentesche del nostro territorio. *Budariol* è invece uno dei pochi termini dialettali riferiti ai fenomeni carsici nel Bolognese e sta a significare appunto un luogo o una depressione chiusa a imbuto dove viene assorbita l'acqua. Lo stesso toponimo compare pure nell'adiacente zona del Farneto. A voler essere rigorosi, anche il nome Buca di Budriolo, attribuito alla valle cieca nell'at-





La parte terminale del Buco della Acaciaia

tuale CTR è sbagliato, perché ripetitivo: la parola Budriolo contiene già in sé il significato di Buca.

Il differente sollevamento dei blocchi gessosi, accennato nel paragrafo precedente, determina, dal punto di vista paesaggistico, una stretta dorsale, allungata per 1.350 m da NW a SE, mentre la dimensione trasversale massima è di 250 m. A causa della notevole inclinazione dei banchi selenitici, verso est nei pressi dell'ex-cava Fiorini, l'affioramento non supera l'estensione di 150 m. Complessivamente i gessi coprono un'area di 237.000 m².

Il paesaggio carsico è dominato dalla presenza della valle cieca del Budriolo e da alcune doline (fig. 1).

Olinto Marinelli, geografo, nella tav. 4, a corredo della sua pubblicazione edita nel 1904, circa le cavità d'erosione nei gessi del Bolognese, ne indica chiaramente tre, allineate a sud-ovest della valle cieca dell'Acquafredda, che con ogni probabilità sono quelle del Tacchino (*d'la Toca*), del Budriolo e dell'Acaciaia (*Acagéra*).

La Buca di Budriolo ha un'estensione di 148.500 m², i versanti sud e ovest sono scavati nelle marne ed argille, mentre il fianco nord-orientale è costi-

tuito da gesso e si presenta decisamente acclive, con tratti anche verticali. La valle cieca si sviluppa per 79.000 m² nelle marne e per i restanti 69.500 m² nei gessi (foto a pag. 7)

Il bordo meridionale la separa dalla vallecola del Rio dei Boscari e si snoda fra i 204 e i 250 m di quota, presso Ca' dei Santini. Qui è per un breve tratto a contatto con la valle cieca della Grotta Elena (appartenente al sistema dell'Acquafredda). Al fondo della Buca, a q. 158, si apre la Grotta Calindri, nonché un altro paio di piccole cavità, con funzione di inghiottitoi minori e per questo spesso occlusi (32 ER/BO e 150 ER/BO).

Il Budriolo raccoglie acque di origine esclusivamente meteorica, da cui discende una forte stagionalità nelle portate del corso d'acqua che percorre la Calindri. Mentre i versanti gessosi sono ricoperti da bosco ceduo, quelli argilloso-mamosi sono coltivati (graminacee e in parte vite), ma sono soggetti anche a continui movimenti franosi, sotto forma di scivolamenti e colate, fra le cui cause non sono estranee le stesse tecniche adottate nella lavorazione del terreno e la mancata regimentazione dei rivi che solcano la valle cieca.

Luigi Fantini, nel 1933, dà conto delle prime ricer-

che condotte sul terreno dal Gruppo Speleologico Bolognese: a nord di Ca' Santini (di *Santén*), al Bus d'la Toca, gli inghiottitoi sul fondo della dolina di Budriolo e risalendo, l'Acagéra, la dolina di Ca' del Cucco ed il profondo Pozzo del Bosc Per.

Aggiunge che altri buchi e dolinette sono cosparsi lungo tutto il bosco, fin giù allo Zena.

Conclude osservando che ben difficilmente la Risorgente dell'Osteriola, con la sua esigua portata, può essere ritenuta l'unico esutore del corso sotterraneo che drena il complesso reticolo carsico individuato dall'allineamento delle doline soprastanti.

A nord di Ca' dei Santini erano infatti poste due doline contigue, al fondo delle quali vi erano altrettanti inghiottitoi. Queste doline sono state coperte con il materiale sterile proveniente dall'adiacente cava IECME, scaricatovi abusivamente dalla cava stessa quando era in attività, attorno al 1968.

Delle due grotte la più interessante era sicuramente il Bucò del Tacchino (49 ER/BO). Noto già da tempo e rilevato dal GSE di Modena per 19 m, venne notevolmente ampliato nella metà degli anni '60, in seguito all'estendersi delle ricerche all'intera area, dopo la scoperta della Calindri. Una serie di disostruzioni portarono gli speleologi del Gruppo Speleologico Bolognese al raggiungimento di un torrente attivo, seguito per una cinquantina di metri, e ad alcune diramazioni fossili. Il corso d'acqua è probabilmente lo stesso che si rinviene nella parte a monte della Condotta, all'interno della Calindri. Tutto ciò indicherebbe appunto come questi inghiottitoi, posti a q. 232 e 240, siano i più alti di tutto il sistema, nonché i più distanti dalla risorgente. Come si è già detto, l'occlusione delle doline coi detriti della IECME, ha purtroppo costretto alla cessazione delle esplorazioni in questo settore, privandoci di tutte le importanti informazioni che potevano derivare da questa parte del sistema.

Il Buco dell'Acaciaia è la seconda grotta per estensione del sistema, con 250 m di sviluppo. Ha un andamento fortemente inclinato, frutto fondamentalmente della disposizione locale dei banchi gessosi che ne hanno regolato lo sviluppo, ed è costituito, nella sezione iniziale, da alcuni piccoli paleocorsi e da un ramo attivo, che parte dal fondo dell'omonima dolina. La porzione centrale della cavità si presenta con due sale sovrapposte, la cui genesi è dovuta ad un movimento di distacco ed abbassamento di quella che in origine era la volta di un'unica sala. La grotta prosegue poi con

un ramo inclinato sui 45°, correlato ancora alla superficie di strato, dove sono presenti alcuni pozzi legati ad un fenomeno di ringiovanimento della cavità (foto pag. 11). Un canale di volta completamente ostruito ne percorre la volta, diretto da sud a nord. Giunti alla profondità di 50 m, le acque si raccolgono in uno stretto passaggio, impraticabile. La Calindri è a pochi metri di distanza. Le acque ricompaiono infatti in quest'ultima grotta, al fondo di un breve ramo laterale lungo il piano attivo (punto 50 della poligonale sviluppata lungo il torrente).

L'accertamento è stato compiuto con un tracciamento delle acque eseguito dal GSB nel 1968. Le colorazioni effettuate hanno infatti dimostrato che le acque inghiottite sul fondo della valle cieca assieme a quelle drenate attraverso il Buco dell'Acaciaia e da numerosi altri punti di cattura ubicati in superficie, finora impenetrabili, fuoriescono dalla risorgente dell'Osteriola, a 100 metri di distanza dalla sponda sinistra del T. Zena.

Nella fig. 3 è riportato il rilievo schematico in pianta del Buco dell'Acaciaia, con alcune indicazioni di carattere geologico e morfologico. La sezione longitudinale, sempre schematica, è riportata a pag. 46, mentre un articolo più analitico e il rilievo complessivo sono pubblicati su *Sottoterra* n° 108. La parte a valle del sistema era costituita da diverse cavità. La più importante era sicuramente la Grotta delle Campane (53 ER/BO: 332 m di sviluppo e profondità di 36 m), a monte di essa e al fondo di una dolina si apriva il Buco del Cucco (57 ER/BO: 95 m, prof. 38 m), mentre a valle si collocava il Buco delle Gomme (56 ER/BO: 70 m). Altre cavità minori come il Buco senza nome (54 ER/BO) e il Buco Ossifero del Boscopiano (55 ER/BO) completavano il quadro del carsismo dell'area.

La Grotta delle Campane rappresentava indubbiamente la porzione più significativa del complesso di risorgenza del Sistema. Celebrata per l'abbondanza e la varietà dei concrezionamenti, questa cavità complessa era agibile dall'alto, attraverso una profonda diaclasi a pozzo e dal basso, mediante la galleria principale, sezionata per prima dalla cava. Nel rilievo del G.S.E. (1958) sono ben distinguibili almeno quattro principali linee e piani di flusso, situati a quote decrescenti da q. 140, che interessano il banco gessoso per una potenza di circa 30 m, più o meno il campo all'interno del quale si sviluppa la Calindri.

Del Buco del Cucco scarsissime sono le annotazioni in bibliografia, se si esclude il rilevamento parziale curato dal G.S.E. nel '58. Esiste tuttavia una relazione dell'esplorazione condotta il

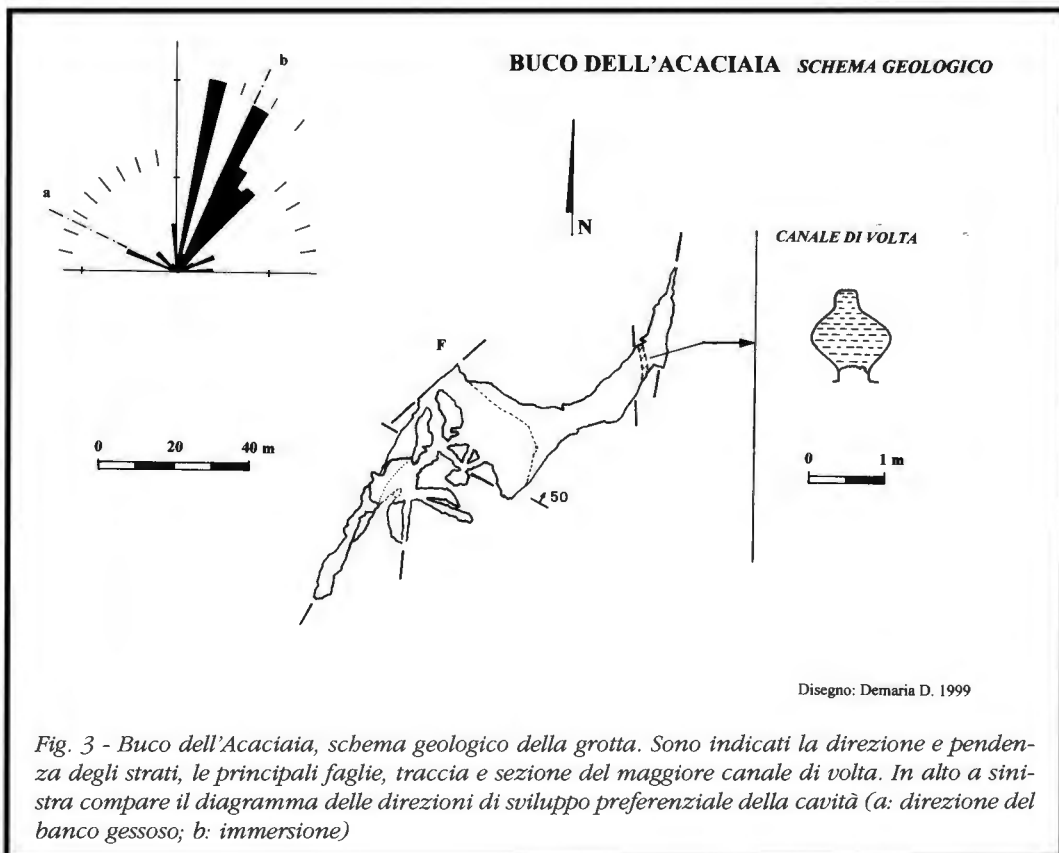


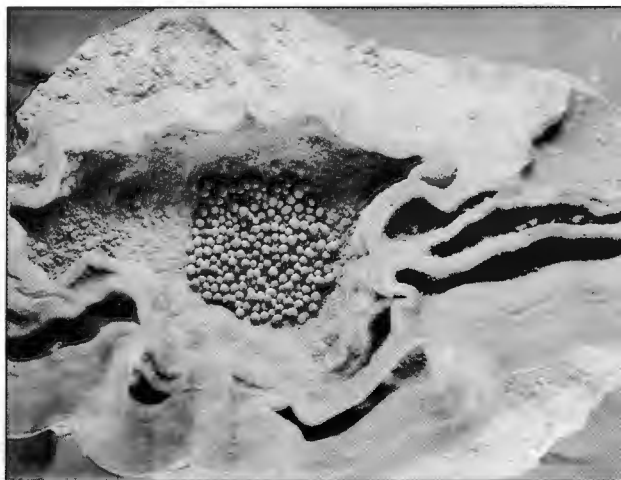
Fig. 3 - Buco dell'Acaciaia, schema geologico della grotta. Sono indicati la direzione e pendenza degli strati, le principali faglie, traccia e sezione del maggiore canale di volta. In alto a sinistra compare il diagramma delle direzioni di sviluppo preferenziale della cavità (a: direzione del banco gessoso; b: immersione)

7.01.1960 da G. Badini, P. Grimandi, G. Pasini e V. Veratti, del G.S.B. In quell'occasione fu raggiunto e percorso il torrente sotterraneo, verso valle, per una cinquantina di metri. Nel testo si fa cenno al fatto che il cunicolo parzialmente allagato era investito dalle onde d'urto causate dal brillamento delle mine nella soprastante cava Fiorini.

Si era pertanto giunti quasi al contatto con l'attivo della Grotta delle Campane, nel '60 già impraticabile dall'esterno, a causa dell'avanzamento del fronte di cava.

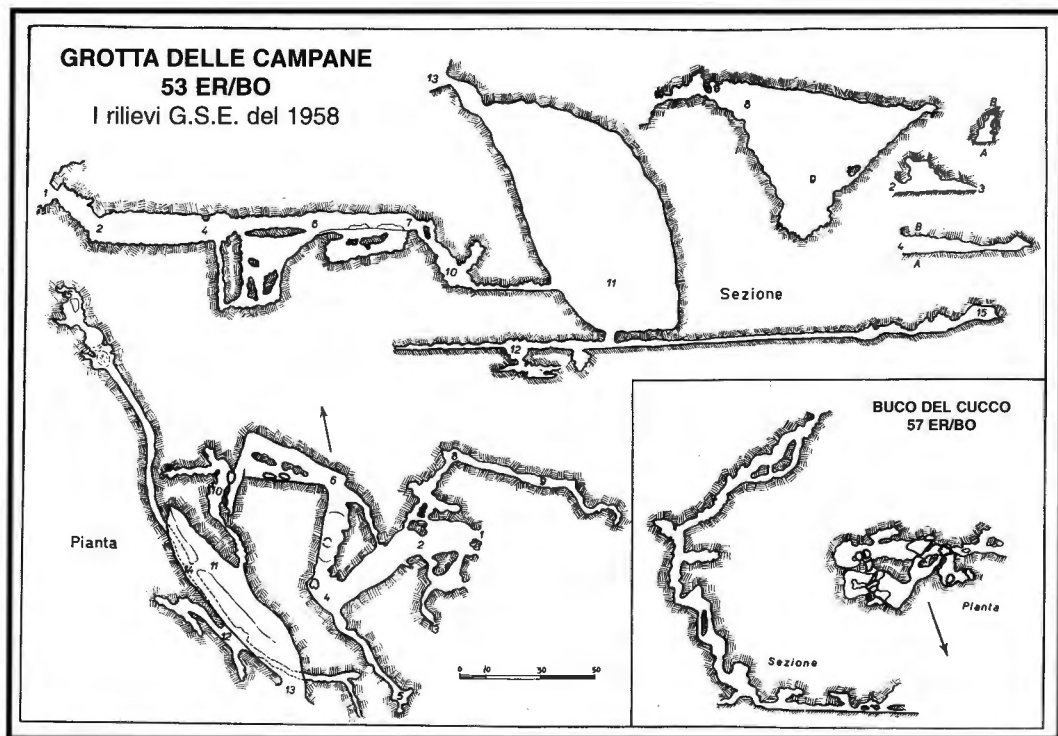
L'attività della cava Fiorini ha infatti progressivamente distrutto buona parte di questo patrimonio speleologico, giungendo ad intercettare anche la Calindri.

All'interno delle gallerie di cava si trovava un ultimo lembo di questo complesso di cavità, fra loro collegate: la "Metropolitana", non catastata. Questa grotta fu rilevata da Luigi Donini nel 1960. Il rilievo originale, conservato nel nostro archivio catastale e rimasto finora inedito, riporta anche uno schizzo a matita indicante la posizione reciproca delle diverse grotte, cosa utilissima data la



Grotta del Bosco Pari. Scodellette con le pisoliti

devastazione a cui l'area è stata soggetta. Sul fondo della Metropolitana è poi indicato il punto in cui la PASS raggiunse il torrente sotterraneo del



Buco del Cucco, posto ad una quota inferiore di circa dieci metri. Lo stesso torrente si rinveniva poi nella parte bassa della Grotta delle Campane.

L'unica grotta sopravvissuta all'attività estrattiva era il Buco delle Gomme, il cui accesso si trovava a metà di una parete, a fianco del vecchio e dismesso stabilimento di lavorazione del gesso. La cavità, costituita da un meandro ad andamento orizzontale, ha visto il crollo dell'ingresso in anni recenti, andando quindi incontro allo stesso destino delle altre grotte dell'area. E' da ricordare il fatto che, in seguito all'esperimento di tracciamento delle acque del 1968, nel Buco delle Gomme si rinvennero abbondanti tracce di fluoresceina. Questo ci indica come tale cavità assolve effettivamente ad una funzione di troppo pieno del sistema carsico. Il tratto terminale sull'attivo della Calindri, con i tre piccoli sifoni, anticipa indubbiamente le caratteristiche della sezione posta più a valle del Sistema e dei bassi cunicoli allagati presenti nel Buco del Cucco.

La risorgente del sistema è posta, come si diceva, all'Osteriola, a q. 89.

Qui le acque vengono a giorno da un pozzetto, alle spalle della casa, e sono incanalate attraverso i campi, fino a riversarsi nel torrente Zena. Il torrente conclude il suo tragitto sotterraneo con una

strettoia artificiale, creata da una struttura muraria che raccorda tubazioni di diametro insufficiente ad assicurare il transito delle massime portate.

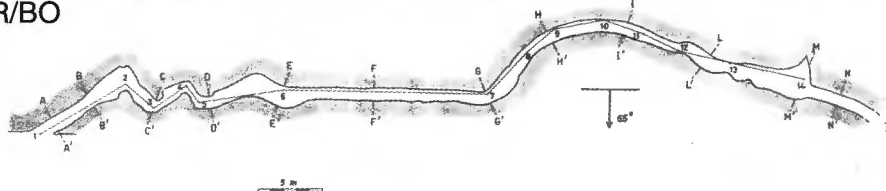
In effetti, mediamente una volta ogni 10-15 anni, si registrano piene eccezionali, che fanno risalire le acque fino a 4 metri di altezza lungo il piano attivo della Calindri, e cioè fino a q. 137.

Quando questo accade, non solo si attiva la paleorisorgente (ora risorgente di troppo pieno) del Buco delle Gomme, ma le acque invasate a monte raggiungono, evidentemente, letti di sedimenti o saccature di detriti, imbibiti da olii esausti e da altri prodotti petroliferi, in passato abusivamente dispersi a terra nel piazzale di cava (F.lli Fiorini) e infiltratisi sottoterra, che raggiungono improvvisamente l'esterno, causando l'inquinamento del T. Zena.

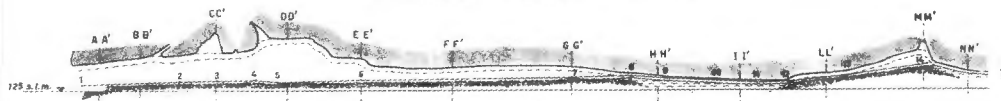
Talvolta nei terreni agricoli attraversati dal torrente sotterraneo, ormai prossimo ad emergere in superficie, si producono piccole voragini, causate dalla strozzatura operata dalle tubazioni dell'Osteriola. Lungo la strada che si diparte dalle abitazioni adiacenti alla Cava, e quindi in prossimità del Buco delle Gomme, un ex cavatore ha dichiarato di aver visto aprirsi, in più di un'occasione, profonde fenditure verticali nel gesso, che la cava provvedeva a colmare con massi e sterile.

BUCO DELLE GOMME 56 ER/BO

Pianta



Sezione longitudinale



RILIEVO G.S.B. - 1967

Ricorda di esservi disceso, assicurato da una corda, per più di 10 metri, e di non essere giunto sul fondo, ove si sentiva scorrere acqua.

La descrizione del vecchio "gessarolo" pare veritiera, in quanto rappresenta il classico meandro, alto e stretto, a sporgenze e rientranze.

Idealmente corretta sarebbe inoltre la posizione del condotto, sull'asse Gomme - Osteriola.

L'unico studio completo sulle portate è quello condotto da Giorgio Trebbi antecedentemente al 1926, che ne fissa il valore medio annuo a 0,65 l/s. Alcune misure effettuate nel 1997 confermano tale valore, che però può non essere rappresentativo del sistema, come già aveva avuto modo di osservare Fantini, valutando l'estensione dell'area drenata.

Assumendo infatti questa portata media si ha un deflusso annuo di 20.500 m³, che diviso per i 316.000 m² di estensione complessiva del bacino (gessi e marme) fornisce un contributo di circa 65 l/m². Questo valore di infiltrazione efficace è decisamente basso se confrontato con quello del vicino sistema dell'Acquafredda, pari a circa 220 l/m², cioè un terzo di quella che è la piovosità.

Potremmo quindi trovarci di fronte ad una dispersione delle acque nelle alluvioni dei terrazzi, accompagnata da una sottostima della portata, dovuta alla irregolarità della stessa e alla discontinuità nel tempo delle misure effettuate.

La testimonianza dei residenti nell'abitato dell'Osteriola circa le notevoli variazioni di portata in corrispondenza dei maggiori eventi meteorici è un'ulteriore prova della forte stagionalità del regime del corso d'acqua. Durante il periodo estivo la parte a monte del torrente è completamente asciutta, quindi la modesta portata a livello della risorgente è giustificabile anche con il solo feno-

meno della condensazione dell'umidità atmosferica all'interno delle cavità.

Nei pressi dell'Osteriola l'unità paesaggistica dominante è quella dei terrazzi fluviali, che ricoprono i gessi.

Come si è detto, l'intera dorsale gessosa è suddivisa in blocchi e all'interno di ciascuno di essi sono presenti fratture e faglie minori, disposte secondo ben precisi orientamenti. Questa disposizione strutturale è la condizione su cui si imposta e avviene poi lo sviluppo del fenomeno carsico sotterraneo, perlomeno nelle sue linee principali. Il ruolo delle discontinuità all'interno dell'ammasso roccioso varia però nel tempo. Per molte di esse si può riscontrare l'importanza in determinati momenti come direzioni fondamentali su cui ha proceduto il processo di carsificazione. Una volta però che il livello di base carsico si è portato più in basso, tali lineazioni hanno finito per assumere un ruolo decisamente subordinato. Molte sono state sostanzialmente abortite, altre ancora hanno funzionato come vie di drenaggio verticale delle acque penetrate nel massiccio gessoso. Anche in questi casi si tratta però di modestissimi flussi idrici, che non hanno svolto un'azione carsificante rilevante, ma hanno piuttosto prodotto estesi concrezionamenti, tanto gessosi quanto carbonatici (vedi FORTI P., *ivi*). Questo ci indica che tali discontinuità hanno uno sviluppo tutto sommato modesto e tendono a richiudersi, talvolta nello spazio di pochi metri.

Solamente le faglie e le diaclasi maggiori interessano, attraversandola in senso trasversale, tutta la dorsale gessosa. È lungo queste lineazioni principali che si impostano i maggiori fenomeni carsici superficiali (le doline e la valle cieca) e vengono veicolate in profondità le acque meteoriche.

Trattandosi nel nostro caso di una porzione di territorio abbastanza ristretta, è evidente come il numero di tali punti di assorbimento sia limitato. Ricordiamo appunto le due doline affiancate, poste nella zona altimetricamente più elevata del sistema, nonché la Buca dell'Acaciaia e quella del Cucco.

Da questa situazione strutturale consegue uno schema idrologico estremamente semplice, con la presenza di un collettore unico, a cui convergono pochi affluenti. Il Sistema carsico della Calindri è perciò ben inquadrabile - all'interno dei modelli di idrogeologia carsica - come una *rete a primario fortemente dominante*, caratteristica comune anche agli altri sistemi sviluppati nei gessi. Questo giustifica pienamente il regime idrico particolare che vi si osserva, caratterizzato da basse portate per la maggior parte del tempo, con eventi di piena in corrispondenza dei principali fenomeni meteorici esterni. In queste situazioni la portata del corso sotterraneo aumenta notevolmente. Pur rimanendo su valori assoluti non molto elevati (dell'ordine di alcune decine di l/s), il rapporto fra le portate di piena e quella del flusso di base può arrivare a superare le 120 volte. Anche quest'ulti-

mo valore è abbastanza caratteristico dei sistemi carsici della nostra zona ed è analogo a quanto riscontrato da Giorgio Trebbi (1926) nell'adiacente Sistema dell'Acquafredda.

Dati di Giorgio Trebbi (1926) sulla risorgente dell'Osteriola

Portata media	0,65 l/s
Salinità	2,415 g/l
Sostanze in sospensione	0,072 g/l
Efflusso annuo	20.500 m ³
Ablazione annua sost. saline	49,5 t
Ablazione annua sost. sospese	1,48 t
Ablazione totale annua	50,98 t
Volume asportato	22 m ³

Una particolarità della Grotta Calindri: i megacrystalli a "specchio d'asino" e il loro significato speleogenetico

Un fenomeno particolare che, per quanto si è potuto finora osservare nelle grotte del Bolognese, si rinviene quasi esclusivamente all'interno della Grotta Calindri, è la presenza di megacrystalli di

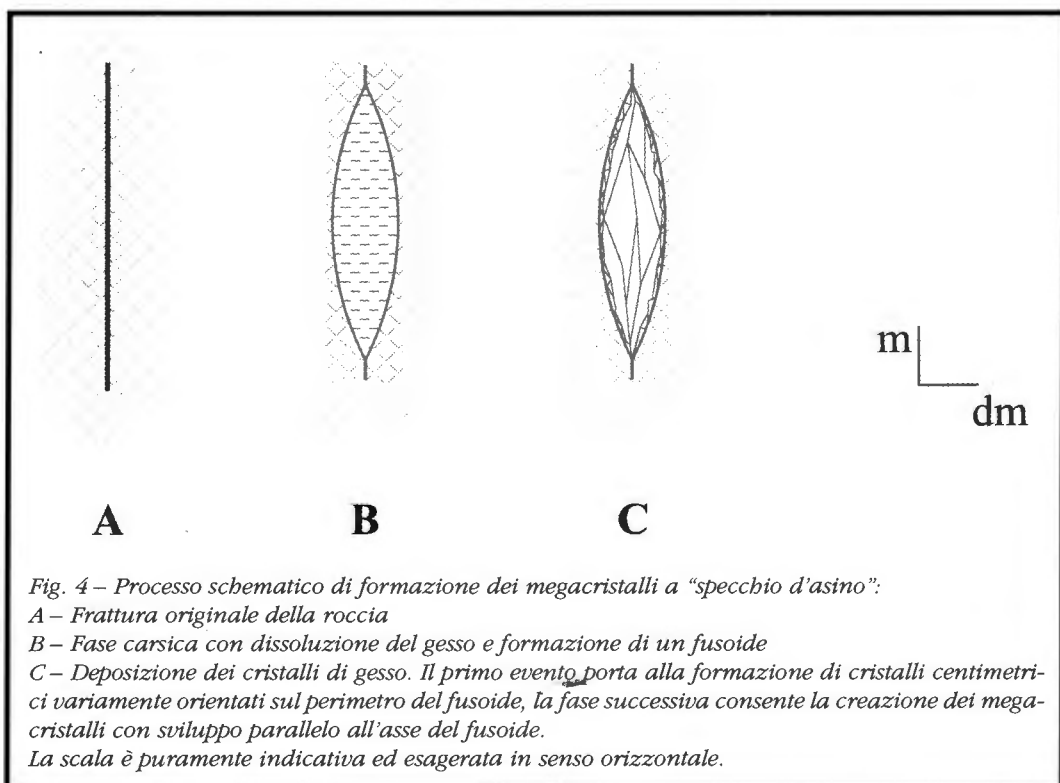


Fig. 4 - Processo schematico di formazione dei megacrystalli a "specchio d'asino":

A - Frattura originale della roccia

B - Fase carsica con dissoluzione del gesso e formazione di un fusoside

C - Deposizione dei cristalli di gesso. Il primo evento porta alla formazione di cristalli centimetrici variamente orientati sul perimetro del fusoside, la fase successiva consente la creazione dei megacrystalli con sviluppo parallelo all'asse del fusoside.

La scala è puramente indicativa ed esagerata in senso orizzontale.



Il ramo attivo della grotta, poco dopo l'ingresso.

selenite secondaria.

In diversi punti della cavità, concentrati principalmente nella zona centrale e terminale, è agevole osservare la presenza di diaclasi riempite appunto da tali formazioni mineralogiche. Le diaclasi hanno per lo più lunghezza plurimetrica e dimensioni

trasversali di alcuni decimetri. Si presentano completamente riempite da gesso secondario, trasparente e di colore debolmente giallo, formante appunto dei megacristalli. Gli individui cristallini non presentano quasi mai geminazioni, ma assumono uno sviluppo planare, evidenziando i soli





Parte terminale di un cristallo a "specchio d'asino" lungo il ramo attivo della grotta.

piani di sfaldamento. In molti casi si sono accresciuti parallelamente al piano della diaclasi e in tale occasione possono appunto assumere

dimensioni plurimetriche. In altre situazioni la crescita è avvenuta secondo direzioni casuali o quasi normali rispetto allo stesso piano. In tal caso i cristalli, crescendo, si sono disturbati a vicenda e le dimensioni ne risultano ridotte, ma comunque spesso superiori al decimetro. In altri casi ancora si possono osservare due generazioni di cristalli, la prima costituita da individui sostanzialmente normali alle pareti della diaclasi e di dimensioni minori, la seconda con sviluppo assiale, che dà luogo ai cristalli maggiori. La pasta cristallina è in ogni caso priva di inclusioni visibili e i cristalli sono impiantati direttamente sul gesso selenitico.

Di queste diaclasi, ove possibile, è stata misurata la giacitura. È risultato evidente che le direzioni di sviluppo delle fratture corrispondono ad un ben preciso sistema e devono quindi essere messe in relazione con un evento tettonico di sollevamento della catena appenninica.

L'altra osservazione immediata che si può compiere è quella per cui la formazione dei cristalli e il riempimento delle fratture è antecedente alla creazione della grotta. Infatti il torrente sotterraneo, scavando la cavità, ha sezionato questi riempimenti chimici e solo in alcuni punti la carsificazione è avvenuta sfruttando le medesime lineeazioni tettoniche, ma si tratta di situazioni di esclusivo valore locale. Tutto ciò rende problematico ricostruire lo sviluppo reale delle diaclasi, ma nei



Grande cristallo a "specchio d'asino" lungo il meandro.

pochi casi in cui è possibile seguirle lungo tutta la sezione del meandro, si può dedurre che, almeno per quelle maggiori, tale sviluppo sia quanto meno decametrico.

Si può quindi tentare un inquadramento genetico di queste formazioni (fig. 4).

Inizialmente all'interno delle fratture deve essere circolata acqua che ha prodotto un effetto carsificante, in quanto le diaclasi presentano spesso la forma di fusoidi, allungati lungo il piano stesso di frattura. Successivamente l'acqua deve essere circolata con un diverso chimismo.

La deposizione dei cristalli avviene infatti a partire da acque sovrassature in solfato di calcio, che evidentemente dovevano riempire le fratture, mentre il processo deve essere stato abbastanza lungo e avvenuto in condizioni idrodinamiche particolari, che vedevano un moto lento dell'acqua, tale da garantire continuamente il ricambio e la presenza della soluzione soprassatura, senza disturbare al contempo la crescita dei cristalli, che hanno quindi potuto svilupparsi raggiungendo le notevoli dimensioni che oggi osserviamo.

Durante questo processo di deposizione si possono distinguere, come detto, due fasi differenti, la prima delle quali ha dato luogo a cristalli decimetrici orientati normalmente alle pareti. In alcuni casi, per le diaclasi minori, già questa prima fase ha comportato l'occlusione del condotto. Le diaclasi maggiori hanno invece visto lo sviluppo anche della seconda fase, con la creazione degli individui megacristallini, fino a giungere, anche in tale situazione, al completo riempimento dei vuoti.

Come si è visto, all'inizio del fenomeno si è avuta una prima fase carsificante delle diaclasi e tutto il processo è antecedente alla formazione della grotta. Siamo quindi di fronte ad un vero e proprio ciclo carsico che è più vecchio di tutto ciò che ci era finora noto e che si è sviluppato con modalità completamente differenti, sia per quanto riguarda le direzioni lungo cui ha agito la carsificazione sia per le morfologie originate.

Crediamo pertanto che il meccanismo formativo ipotizzato si possa concepire come un ciclo carsico avvenuto esclusivamente all'interno della primigenia rete di fratture e da essa strettamente controllato, con un ampliamento limitato dei meati, arrestatosi sostanzialmente ad uno stadio di proto-grotta.

Quanto all'età da attribuirvi si possono fare alcune considerazioni. Da diversi dati di carattere geologico si può stimare per il carsismo locale e nelle

forme in cui lo conosciamo, un'età di circa 120-130.000 anni. Il ciclo carsico evidenziato dai megacristalli della Calindri è quindi antecedente a tale data, ma per essersi sviluppato occorre che i gessi fossero già in condizione di esposizione. Tutti i terreni che ricoprivano le evaporiti dovevano essere già stati in buona parte asportati, in modo da consentire la circolazione sotterranea delle acque provenienti dalla superficie esterna. Per la situazione geologica locale non è infatti possibile pensare ad un'alimentazione per afflusso dal basso.

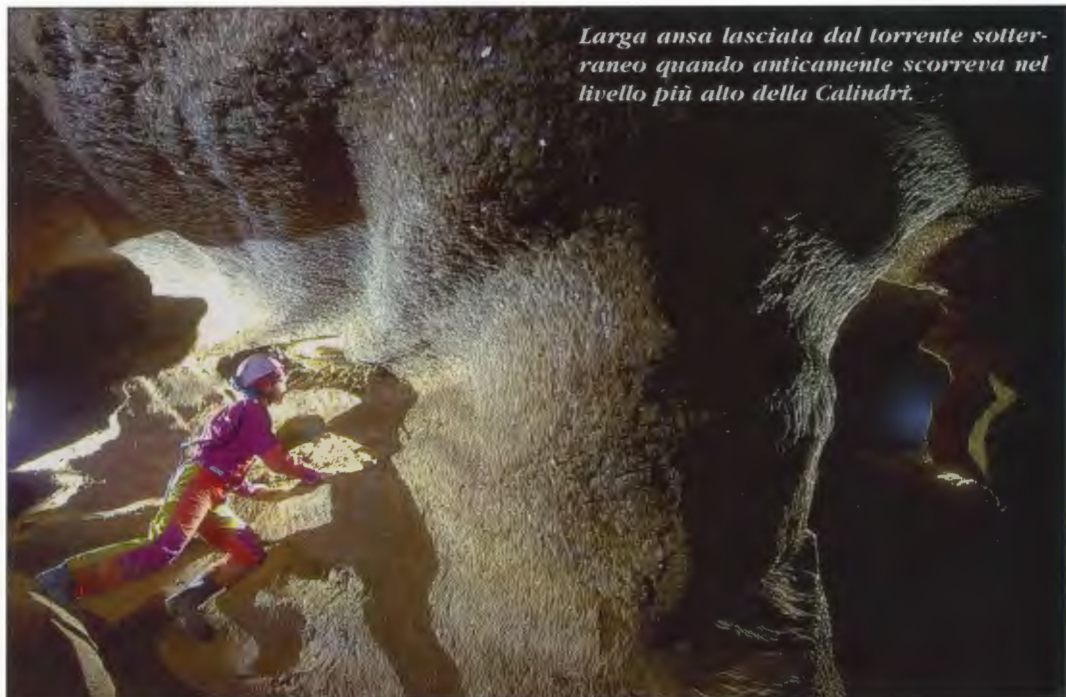
Allo stesso modo il sistema di fratture è indubbiamente legato ad un evento tettonico, per cui si può tentativamente collegarne l'origine ad una delle fasi di sollevamento della catena, probabilmente nel Pleistocene medio.

Un altro aspetto ancora da chiarire è quello della presenza o meno di questo ciclo anche all'interno delle altre grotte. Alcune cristallizzazioni analoghe a quelle della Calindri si rinvengono ad esempio anche nelle gallerie della ex cava Ghelli, al Prete Santo, ma in quel caso i lavori di cava hanno in buona parte asportato il materiale, per cui la lettura di questo fenomeno ne risulta compromessa. Un'eventuale assenza potrebbe avere una doppia spiegazione. Trattandosi di un ciclo carsico alquanto particolare e temporalmente precoce, è possibile che solo alcune porzioni limitate dei gessi ne siano state coinvolte. Inoltre, il fatto che le direzioni lungo cui si è sviluppato siano diverse da quelle seguite nei cicli di carsificazione successivi e siano state solo in alcuni casi riattivate potrebbe averne impedito l'esposizione.

Descrizione ed evoluzione delle cavità.

A prescindere dal ciclo carsico più antico, di cui si è detto sopra, la Calindri ha visto la presenza di diversi cicli di carsificazione. Possiamo senz'altro dire che esistono cinque distinti livelli sovrapposti (in analogia con quanto si osserva anche nella Grotta della Spipola), anche se la particolare morfologia a meandro della Calindri crea talvolta qualche problema in merito ad un loro esatto riconoscimento. Tali livelli sono infatti sostanzialmente sovrapposti e il dislivello totale tra quello più alto (e più antico) e quello più basso (attualmente attivo e percorso dal torrente) è di soli 25 metri. In ciascun livello sono poi presenti depositi sedimentari, che marciano veri e propri momenti di riempimento della cavità e che sono strettamente connessi all'evoluzione della stessa.





Larga ansa lasciata dal torrente sotterraneo quando anticamente scorreva nel livello più alto della Calindri.

Il passaggio da un determinato livello a quello immediatamente inferiore è chiaramente il risultato di un processo erosivo instauratosi in un certo momento della storia della grotta. Il ripetersi ciclico di tale evento ha quindi consentito la formazione dei distinti livelli che possiamo osservare.

Su questo meccanismo speleogenetico di base interviene però un ulteriore fattore evolutivo, legato proprio alla formazione di consistenti depositi fisici, anch'essi chiaramente strutturati secondo veri e propri cicli sedimentari, come evidenziato dallo studio condotto da Rossi e MAZZARELLA riportato più avanti e dalle numerose osservazioni compiute in grotta. La deposizione di sedimenti da parte del torrente che percorre la grotta innescava infatti il ben noto processo di evoluzione anti-gravitativa. La costante deposizione sedimentaria nell'alveo torrentizio costringe infatti l'acqua a scorrere a contatto con la volta del condotto, inducendo una consistente azione carsica, grazie alla notevole solubilità del gesso. Per il fatto di svilupparsi dal basso verso l'alto, tale azione è detta appunto anti-gravitativa e produce morfologie carsiche ben caratteristiche: canali di volta ad andamento variamente sinuoso e talvolta anastomizzati, nonché pendenti di gesso delle più disparate classi dimensionali.

Abbiamo detto che la cavità si è evoluta all'inter-

no di un dislivello complessivo di 25 m, con cinque differenti livelli. Dal punto di vista altimetrico i vari livelli differiscono quindi in media di 5 m l'uno rispetto all'altro. Dove i riempimenti sedimentari si presentano maggiormente intatti (ad esempio nella Condotta) abbiamo potuto constatare come il loro spessore raggiunga facilmente anch'esso i 5 m. Quindi la risalita del livello del torrente per l'azione anti-gravitativa è talvolta dello stesso ordine di grandezza dell'abbassamento che si era verificato in precedenza come effetto dell'erosione gravitativa. Ne consegue perciò un intreccio, spesso clamorosamente complesso, tra fasi evolutive a vergenza opposta (gravitative e anti-gravitative), con il sovrapporsi delle relative forme carsiche.

Quello che viene quindi chiamato per comodità *meandro* o *canyon* si mostra, in realtà, come un'entità assai più composita. Possiamo infatti trovare i tipici caratteri meandrici, con mensole di gesso lavorate a sporgenze e rientranze associati a canali di volta della più ampia gamma dimensionale, tranquillamente divergenti e talvolta riempiti completamente di sedimenti.

Un'altra struttura assai particolare che è possibile osservare in diversi punti della grotta è quella a "sifone", anch'essa presente a varia scala, da pochi decimetri alla decina di metri di lunghezza. In questi casi la volta del condotto, sempre estrema-

mente levigata, si abbassa fino a toccare un punto di flesso, per poi risalire e riportarsi alla stessa quota iniziale, senza che ci siano variazioni nelle dimensioni trasversali del condotto ma solo, per l'appunto, una forte riduzione della sezione utile al passaggio dell'acqua. Nonostante le ripetute osservazioni compiute, l'origine di questa particolare forma resta, allo stato attuale delle nostre conoscenze, sostanzialmente enigmatica, non essendo legata ad alcuna evidente variazione dei caratteri litologici o strutturali della roccia e non trovando nemmeno un riscontro in un'eventuale variazione nei caratteri dei sedimenti presenti prima e dopo la strozzatura. Possiamo solo dire che tutto il flusso dell'acqua era concentrato all'interno di un unico condotto, ma restano sconosciuti sia l'entità delle portate, sia il regime idraulico, ovvero l'energia posseduta dall'acqua in tali situazioni locali.

Come si è accennato, l'interpretazione genetica di dettaglio di tutte le varie strutture si presenta quindi estremamente complessa, dato l'elevato livello di interferenza fra i vari fattori speleogenetici, tanto da lasciare spesso interdetto e privo di risposte esaustive chi si accinga a svolgere tale compito. Possiamo sicuramente affermare che la Grotta Calindri rappresenta un ottimo compendio delle morfologie carsiche nei gessi e proprio queste

caratteristiche ne costituiscono uno degli aspetti più intriganti e, allo stesso tempo, affascinanti. Occorre quindi non farsi coinvolgere eccessivamente dai particolari e procedere in maniera sostanzialmente sintetica per delineare l'evoluzione della grotta.

Classicamente, e per comodità, sono stati individuati tre principali livelli: quello superiore, il medio e l'inferiore, che risultano perciò essere rispettivamente il primo, il terzo e il quinto. A questa suddivisione continuiamo quindi a fare riferimento anche se, come già detto, fra il livello superiore e quello medio se ne colloca un altro (il secondo) e lo stesso dicasi per il quarto, posto fra il medio e l'inferiore.

L'elemento centrale della cavità è la Sala: ad essa convergono e da essa partono i principali rami della zona fossile. La parte più alta della grotta è quella che presenta, al tempo stesso, la maggiore complessità, proprio per l'intrecciarsi di più diramazioni.

A monte della Sala troviamo due diverse unità: la Condotta e la zona dei paleoingressi.

La Condotta è costituita da un'ampia galleria ad andamento orizzontale, proveniente appunto dalle zone a monte del Sistema, ed ha caratteri morfologici tali da differenziarla nettamente rispetto alle altre zone della grotta. Ne costituisce



La Condotta è un ampio paleocorso corrispondente ad un particolare momento evolutivo della grotta. A destra è visibile il passaggio sul diedro di roccia, utilizzato per raggiungere la Sala Archeologica, su cui erano ben evidenti i segni delle torce.





Una veduta generale della Sala con le stalattiti gessose inclinate.

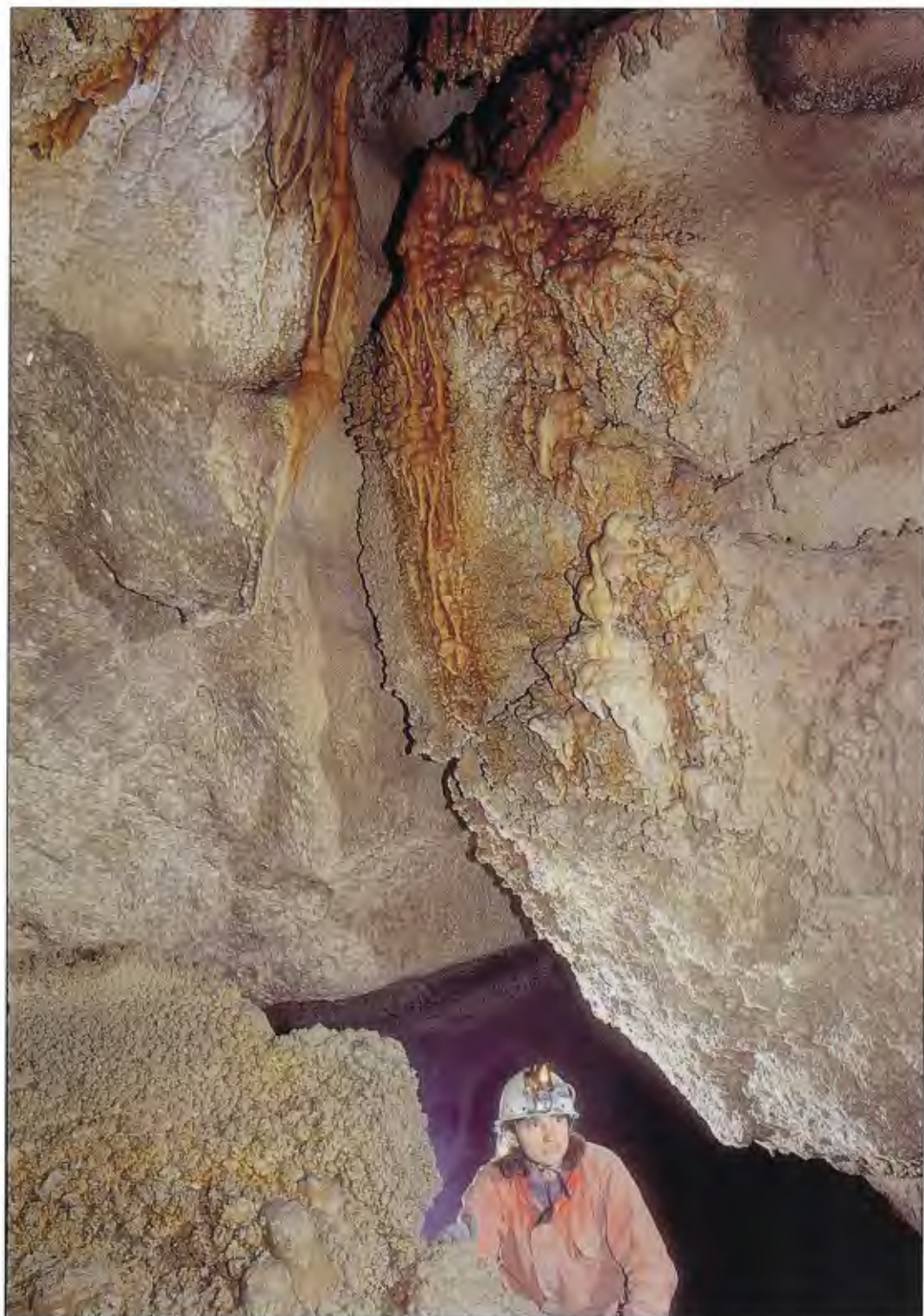
inoltre la porzione altimetricamente più elevata. Alla diversità morfologica si associa anche quella dei sedimenti che vi sono contenuti (Rossi & MAZZARELLA, *ivi*). Le recenti ricerche condotte in quest'area hanno evidenziato, anche per questa unità morfologica, una complessità superiore a quella riscontrabile a prima vista. Discendendo infatti un piccolo salto, posto all'incirca a metà della Condotta, si perviene ad un breve ramo della lunghezza di 5 m, scavato completamente all'interno di ghiaie. Questo ci permette di intuire che, alla base, la Condotta doveva essere in origine costituita da una galleria ampia almeno una decina di metri, che è stata appunto completamente riempita da ghiaie di deposizione torrentizia. La zona della Condotta nella quale noi oggi transitiamo rappresenta solamente la parte più alta della struttura originaria, come illustrato nella fig. 5.

Nel tratto verso monte la Condotta "termina" per l'ostruzione dei sedimenti, mentre nella parte mediana si riscontra la presenza, in destra, di un paleoingresso, utilizzato anche in epoca protostorica per accedere alla grotta. Al di sopra della Sala si rinvengono inoltre due spezzoni che sono ricollegabili, tanto altimetricamente quanto morfologicamente alla Condotta, isolati da riempimenti sedimentari e caratterizzati da un ricco concrezionamento, prevalentemente di natura gessosa.

La zona dei paleoingressi è posta lateralmente alla

destra della Condotta e in corrispondenza di tali arrivi la cavità si allarga e assume una maggiore articolazione. Questi paleoingressi, in numero di due o tre, rappresentano antichi punti di inghiottimento delle acque, quando il fondo della Buca di Budriolo doveva trovarsi appunto ad una quota superiore a quella attuale. Attraverso i paleoinghiottitoi venivano quindi veicolate all'interno della Calindri le acque della valle cieca, che confluivano assieme a quelle circolanti nella Condotta. Proprio per questo motivo assistiamo, in zona, ad un notevole allargamento della grotta. L'ampliamento delle sezioni e l'asportazione parziale dei sedimenti ha quindi contribuito a innescare fenomeni di crollo, qui particolarmente diffusi, che si manifestano principalmente sotto forma di distacchi di porzioni di roccia dalla volta e, in minor misura, dalle pareti. Tutta l'area dei paleoingressi è interessata da un abbondante concrezionamento, favorito dalla vicinanza alla superficie esterna e dalla rete di fratture e microfrazture, attraverso cui l'acqua, sotto forma di veli o di stillicidio, penetra all'interno della grotta.

Questi antichi ingressi, sicuramente abbastanza ampi, dovettero rimanere a lungo aperti e furono anch'essi utilizzati dai nostri antenati per accedere alla grotta. La loro occlusione è avvenuta in tempi successivi a causa di colate di argilla, distaccatesi dai versanti del Budriolo. Questo ha



Concrezionamento carbonatico nella zona dei paleoingressi.

comportato un'autentica "sigillatura" della zona fossile della grotta, con la possibilità di preservare sostanzialmente intatte tutte le tracce di frequentazione umana ed inducendo, al tempo stesso, un probabile cambiamento delle condizioni microclimatiche locali della grotta (FORTI P., *ivi*).

La Sala è il maggiore ambiente della Calindri, lungo una quarantina di metri e largo in media una decina. Ad essa si accede provenendo dalla Condotta o dai rami inferiori, attraverso la Sala archeologica, oppure dalla zona dei paleoingressi tramite un ramo costituente un paleocorso (il secondo livello), posto ad una quota leggermente inferiore. La volta, quasi totalmente piatta, è interessata localmente da fratture orientate secondo la direzione SW-NE, su cui si è impostata un'azione carsica minore, ed è diffusamente interessata da cristallizzazioni di gesso secondario, fra cui sono da ricordare le stalattiti gessose curve. Sul pavimento si trovano numerosi massi, dovuti a fenomeni di distacco del tutto analoghi a quelli già evidenziati nella zona dei paleoingressi alla confluenza della Condotta. Diversi sono anche i punti attraverso i quali si può accedere ai rami sottostanti (il ramo medio), lungo sprofondamenti legati al processo di ringiovanimento carsico.

Dalla Sala, risalendo, si può accedere ad alcuni rami laterali e parzialmente sovrapposti alla stessa che, come già si diceva, sono da ricollegare al livello della Condotta. Qui, grazie a successivi fenomeni erosivi, fanno bella mostra alcune sezioni che ci illustrano in spaccato l'entità dei sedimenti che hanno riempito la Condotta, mentre il concrezionamento è esaltato dalle più belle concrezioni in gesso del Bolognese, alcune delle quali raggiungono quasi un metro di lunghezza.

Giunti al termine della Sala si può risalire verso l'alto per raggiungere il meandro (denominato anche Canyon), che può essere percorso brevemente verso monte, fino all'ennesima occlusione di sedimenti. Verso valle si segue invece l'antico percorso del torrente, che scorre adesso 25 metri più in basso.

Qui ha inizio quello che è il tratto speleologicamente più bello della grotta. Non è azzardato sostenere che lungo questo tracciato l'acqua abbia lasciato di sé un'espressione quasi artistica, nel costante lavoro di modellamento della roccia, nel creare quella lunga serie di sporgenze e rientranze che costringono lo speleologo ad una continua progressione in opposizione, nel passare da un'ansa alla successiva, il tutto spesso esaltato dai particolari giochi di luci ed ombre creati dall'ac-

tilene. Basta fermarsi un attimo, in un punto qualsiasi, per scorgervi un particolare curioso, talvolta bizzarro o incomprensibile, per notare le evoluzioni dei canali di volta o la dissoluzione differenziata, che ha messo in risalto le diverse generazioni dei cristalli selenitici della roccia.

Lungo il corso del Canyon sono presenti diversi arrivi, provenienti sia da destra che da sinistra. Il più importante è sicuramente quello che vi confluisce da sinistra, nel punto denominato *Secondo Trivio*. Può essere risalito per una ventina di metri, prima di essere fermati dall'ennesimo riempimento di sedimenti e dalle sue dimensioni si configura come un affluente dalla portata consistente. Dallo stesso punto possiamo accedere ad alcuni rami più bassi. Il primo, posto a destra, consente di percorrere a ritroso un largo paleocorso, corrispondente al 2° livello, fino a sbucare nella Sala. Viceversa si può scendere fino al ramo intermedio, seguibile sia verso valle che a monte. In quest'ultima ipotesi il ramo si apre con quella che è la maggiore struttura a "sifone" della grotta (foto pag. 29) e riporta anch'esso a sbucare nella Sala.

Procedendo oltre il Secondo Trivio si incontrano dapprima diversi arrivi laterali, da entrambe le direzioni, legati probabilmente ad un drenaggio verticale del massiccio gessoso soprastante. Poco dopo ci si trova di fronte ad una biforcazione. In alto a destra si può proseguire lungo il livello più alto della grotta, mentre in basso a sinistra ci si può inoltrare nel secondo livello. Dopo una trentina di metri le due diramazioni tornano a congiungersi in una zona di allargamento della grotta, per poi dividersi nuovamente.

Ci troviamo ormai nella parte terminale della zona fossile, che si presenta con una certa complessità topografica, dovuta al particolare stato di fratturazione della roccia. Qui passa infatti una delle faglie maggiori, quella che separa i blocchi della Calindri e dell'Acaciaia. La rete di fratture e faglie minori ad essa associate determina appunto il particolare sviluppo locale del carsismo. Il Canyon si chiude con un cunicolo terminale interessato da consistenti depositi concrezionari (carbonatici e gessosi). L'origine di tali speleotemi è dovuta appunto al rapido veicolamento dell'acqua in profondità lungo le discontinuità tettoniche.

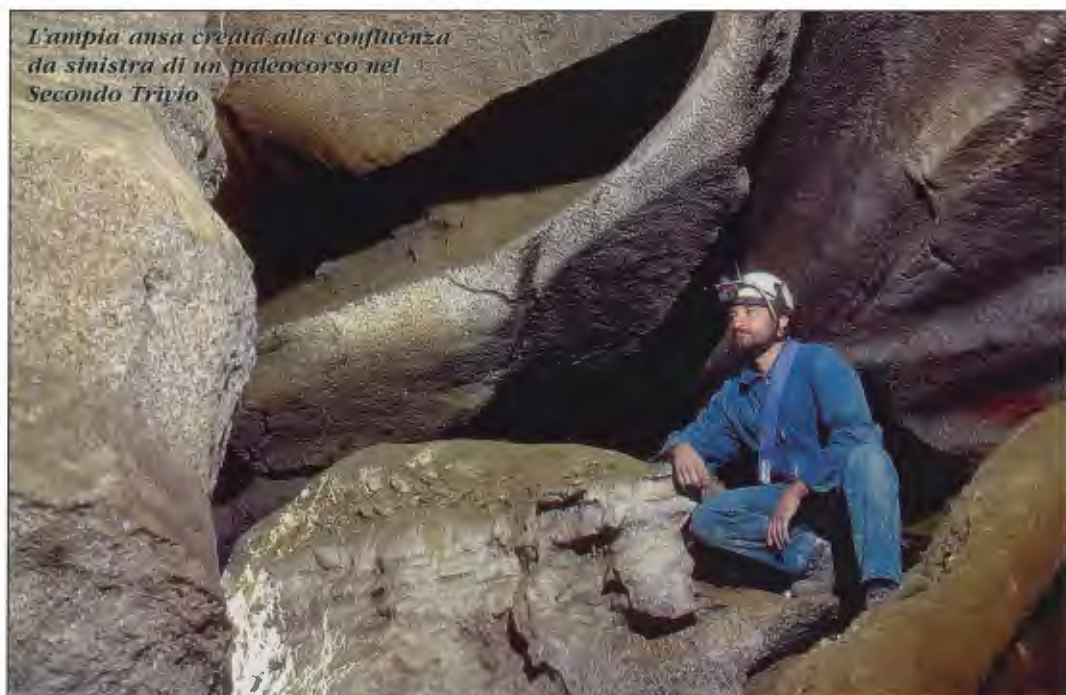
Il ramo attivo interessa invece tutta la porzione inferiore della grotta. L'ingresso attuale della Calindri è costituito da un'ampia spaccatura posta al fondo della Buca di Budriolo, scesa la quale si giunge direttamente sul corso del torrente. Le acque vengono in realtà drenate da più punti



La Sala, con il suo caratteristico soffitto piatto, rappresenta il maggiore ambiente della Grotta Calindri.

prossimi all'ingresso (gli inghiottitoi minori) e si rinnovano nella prima parte solo in periodo invernale o durante eventi piovosi abbastanza intensi e prolungati. Risaliti brevemente si percorre il tratto

di grotta disostruito durante le prime esplorazioni della cavità, per poi tornare a scendere di nuovo sul torrente. Da qui in avanti si segue sempre il corso d'acqua e la grotta assume quell'andamen-



L'ampia ansa creata alla confluenza da sinistra di un paleocorso nel Secondo Trivio



to spiccatamente meandreggiante che la caratterizza per quasi tutto il percorso.

Dopo essere avanzati per una cinquantina di m si giunge al primo punto notevole: il Trivio.

Da qui è infatti possibile risalire ai rami fossili o continuare lungo l'attivo. Il Trivio possiede anche altre particolarità. Morfologicamente ci si presenta ancora una volta una struttura a "sifone", abbastanza grande, ed è inoltre in contatto con la Condotta, posta più in alto di 13 m. Qui confluiscono infatti le acque provenienti dal Buco del Tacchino, prima che la dolina in cui si apriva quest'ultima cavità venisse occlusa dai detriti scaricati dalla cava IECME. Questo affluente percorreva infatti per un certo tratto la porzione più a monte della Condotta, per poi compiere due salti verticali. Il primo, di 6 m, avveniva a contatto con la roccia e ha generato un piccolo ramo, raggiungibile dalla Condotta e caratterizzato appunto da belle erosioni verticali e concrezioni. Il secondo, ancora di 6 m, era parzialmente nel vuoto e dava quindi luogo ad una piccola cascata, il cui regime variava fortemente con la stagionalità delle piogge.

Proseguendo lungo il ramo inferiore si continua appunto a percorrere il meandro, che a più riprese si allarga e si restringe, mentre sul fondo, oltre ai sedimenti trasportati dalle acque, si notano le prime concrezioni pavimentali, costituite da cola-

te e piccole vaschette. Nella stagione più secca, quando la portata del corso sotterraneo è fortemente ridotta, l'acqua si attarda nelle varie vasche, che danno rifugio ad una consistente popolazione di *Niphargus*, i piccoli crostacei millimetrici e depigmentati che costituiscono un elemento tipico della fauna sotterranea.

Verso il fondo della grotta le morfologie cambiano nettamente. Il meandro lascia il posto ad una sala col soffitto a mammelloni inclinato e il torrente si fa largo fra i grandi blocchi di crollo accumulati sul fondo. In questa zona ci troviamo all'interno di una fascia tettonizzata e qui transita la faglia, già ricordata in precedenza, che separa i blocchi della Calindri e dell'Acaciaia. Fino a questo punto tutta la grotta, con la sua incisione meandreggiante profonda 25 metri, si è sviluppata all'interno di un unico bancone di gesso. Il movimento relativo dei blocchi, con il maggiore basculamento di quello posto a valle, ha avuto come effetto quello di portare verso l'alto il banco gessoso sottostante, e l'acqua ha quindi provveduto a scavare il suo percorso all'interno di quest'ultimo. I crolli, avvenuti in corrispondenza dell'interstrato marnoso che separa i due banchi e che costituisce quindi di per sé una superficie di debolezza strutturale, hanno messo allo scoperto il letto del banco superiore, caratterizzato appunto da una superficie a mammelloni. Nella stessa sala, dal fondo di

Al Trivio si notano tracce di precedenti visite all'interno della grotta. Vi compaiono graffite infatti alcune scritte, riportate qui sotto:

ALPE
23-6
XIII
M.A. P.W.

Le ricerche svolte in un primo tempo, anche con l'aiuto di Fantini, accertano che un possibile riferimento potrebbe essere con la rivista forestale "L'Alpe", edita a Bologna dal 1905, dove però non compaiono notizie speleologiche.

Recentemente, nel corso dei rilievi svolti all'interno del Buco del Prete Santo (il tratto terminale del Sistema carsico dell'Acquafredda) è stata rinvenuta una scritta in minio, ancora nitida, in cui compare il nome di un certo Cap. Alpe Ferrari. Nella sua *Relazione della spedizione del 15 Giugno 1933*, sempre relativa al Prete Santo, il nostro Socio Raffaele Suzzi menziona un tale ing. Carlo Alberto Ferrari che "come era già a conoscenza, ha effettuato qualche escursione nelle grotte del tratto fra la Croara e S. Ruffillo alcuni anni or sono".

Se così dovesse essere potrebbe trattarsi dello stesso personaggio di cui compare la scritta presso il Trivio della Grotta Calindri. Di lui, come degli altri che evidentemente lo accompagnavano, non è possibile, allo stato attuale delle nostre conoscenze, dire nulla di più. Dovette trattarsi comunque di un'attività estemporanea, di cui non è rimasto alcun risultato consistente. Anche per la Calindri resta l'impressione che chiunque vi sia penetrato nei primi anni del '900 deve essersi avventurato ben poco oltre quella scritta.



un cunicolo laterale, affluiscono le acque del Buco dell'Acaciaia. Lungo il corso del torrente una stretta spaccatura verticale modellata dall'acqua conduce ad un altro ramo della grotta, impostatosi anch'esso in corrispondenza dell'interstrato marnoso e caratterizzato dallo stesso soffitto a mammelloni. In questa zona si è verificata l'intercettazione della grotta da parte delle gallerie inferiori della cava Fiorini. Ancora pochi metri e la volta si abbassa per dare origine ad uno stretto laminaio, che costituisce l'attuale limite esplorativo della Grotta Calindri.

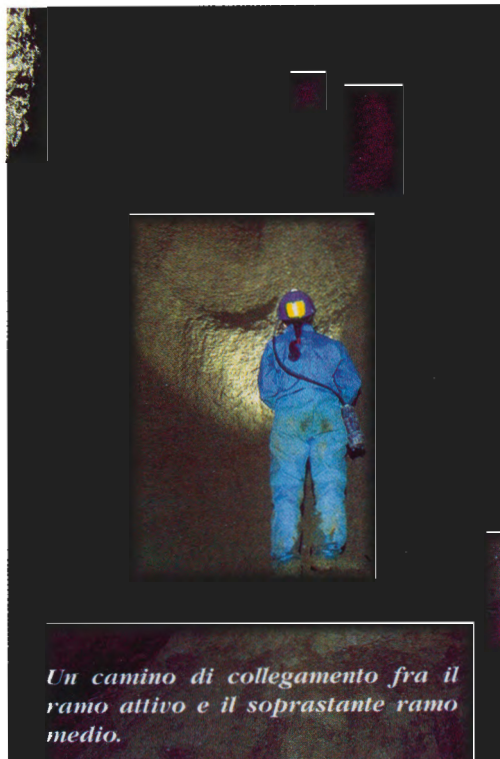
Nell'ultima porzione della grotta si assiste ad un'altra particolarità, cioè al cambiamento delle direzioni lungo cui si è sviluppata la carsificazione, fenomeno legato ancora una volta alla particolare situazione tettonica e strutturale locale. Mentre tutto il resto della cavità presenta infatti una direzione a grandi linee omogenea, con sviluppo da NW a SE, nella parte terminale prevalgono direzioni orientate verso N e NE.

I livelli intermedi fra quelli superiori e l'attivo si sviluppano anch'essi con caratteristiche analoghe e sono sostanzialmente sovrapposti gli uni agli altri, con leggeri sbandamenti, dovuti all'andamento meandreggiante. Questa situazione crea parecchi punti di contatto fra i diversi livelli e rende quindi possibile spostarsi dall'uno all'altro, grazie anche alla particolare sagomatura a mensole dello stesso meandro. Fanno eccezione i punti in cui l'evoluzione del meandro ha dato luogo a tratti a conformazione spiccatamente verticale.

Altre considerazioni che è utile svolgere riguardano l'evoluzione della cavità nel tempo.

I rami superiori (la Condotta, la Sala e la parte alta del Canyon) sono caratterizzati da sezioni molto ampie che, come abbiamo visto, superano la decina di metri come dimensione trasversale. Il ramo intermedio e l'attivo mostrano invece sezioni più ridotte, spesso inferiori al metro. Un'altra differenza che emerge è relativa all'andamento e alle caratteristiche del meandro. Nei rami superiori si presenta con curve molto ampie e con anse di dimensione anche decametrica, mentre i rami inferiori presentano una morfologia meandriforme, che potremmo definire più esasperata, con anse e curve molto più ravvicinate e con frequenti cambi di direzione.

Un altro dato molto importante ci viene dall'entità dei depositi sedimentari. Nei rami alti tali depositi sono davvero ingenti, sia come spessore (almeno 5 m nella Condotta) sia come quantità complessiva del materiale trasportato nella cavità, qua-



Un camino di collegamento fra il ramo attivo e il soprastante ramo medio.

lora si consideri che le sezioni trasversali sono molto sviluppate. Nei rami inferiori, pur riscontrando delle potenze che si aggirano ancora sui 5 m, siamo in presenza di sezioni decisamente più ristrette e di conseguenza abbiamo volumi complessivi di sedimenti proporzionalmente ridotti.

Un ulteriore elemento che occorre valutare e che emerge in maniera evidente dall'analisi topografica della cavità è lo spostamento degli inghiottitoi da est verso ovest, con una distanza di 40-50 m fra i paleoinghiottitoi (più alti di quota) e quelli attualmente attivi. Questo potrebbe essere legato ad una attivazione, o meglio riattivazione, di faglie e fratture in seguito ad uno o più eventi tettonici, che si sono susseguiti durante le varie fasi di vita della grotta e che hanno finito per caratterizzare l'evoluzione più recente.

È infatti altrettanto evidente che in antico il paleo-corso principale era quello proveniente dalla Condotta, mentre le acque in ingresso dalla zona dei paleoinghiottitoi costituivano un arrivo certamente importante, ma subordinato. Inoltre, la Condotta è un ramo della Calindri che punta verso direzioni abbastanza interne della dorsale gessosa e si distacca nettamente rispetto al corso d'acqua attualmente attivo.



Uno schema estremamente utile per visualizzare la complessità dei fenomeni che si sono succeduti nella Grotta Calindri (e come in essa, anche nelle altre grotte dell'area) può essere ricavato dalla sezione trasversale della cavità rilevata fra il caposaldo 68 della Condotta e il Trivio (fig. 5). In questa zona, oltre ad avere un punto di contatto fra le parti fossili più alte della grotta e il corso d'acqua attualmente attivo, abbiamo la possibilità di confrontare le diverse morfologie e i differenti caratteri dei riempimenti che hanno interessato la Calindri.

Nella parte superiore la Condotta può essere suddivisa in due unità che hanno caratteristiche parzialmente diverse. La fase 1 vede la formazione e il riempimento di un'ampia galleria di almeno dieci metri di larghezza e cinque di altezza con prevalenti ghiaie di deposizione torrentizia. In questo caso è difficile capire se il riempimento sia successivo alla formazione della galleria (e occorrerebbe quindi valutarne quale sia lo sfasamento temporale) oppure penecontemporaneo alla stessa. Possiamo quindi supporre un periodo di stazionamento del livello del torrente, affiancato da un'eventuale azione antigraavitativa. Nella fase 2 si ha una modificazione e riduzione delle dimensioni trasversali della Condotta associata ad un cambiamento consistente nella sedimentazione, intesa sia come variazione granulometrica che come litologia. Si passa infatti da materiali grossolani di provenienza esterna a sedimenti più fini derivanti principalmente dallo smantellamento di concrezioni interne al sistema carsico (ROSSI & MAZZARELLA, *ivi*). Anche in questa fase dobbiamo supporre un

livello sostanzialmente stazionario con un eventuale processo antigraavitativo.

Successivamente è intervenuto un primo episodio di erosione gravitativa dovuto all'abbassarsi del livello di base. Ciò ha comportato l'erosione ed asportazione dei sedimenti precedentemente accumulati e lo svuotamento parziale della Condotta. Questo processo non è stato però a senso unico. Infatti nel ramo laterale alla Condotta dove sono presenti le incisioni fanno la loro comparsa anche dei canali di volta, che indicano un primo arresto dell'attività erosiva a favore di una ripresa della deposizione con sviluppo di morfologie antigraavitative caratterizzate da un riempimento argilloso, un materiale quindi completamente diverso da quello riscontrato in precedenza nella Condotta. Queste forme antigraavitative sono state a loro volta successivamente isolate da una ulteriore ripresa dell'attività erosiva. L'abbassamento totale è stato pari a circa 6 m, dopodiché troviamo, nella parte alta del sottostante meandro, i resti di un paleocorso relativamente ampio (oltre 2 m di larghezza) a cui si deve far corrispondere un periodo di stazionamento del torrente. In corrispondenza di questo paleocorso si riscontrano nuovi canali di volta, quindi è lecito supporre che anche in questa fase si sia sviluppato un processo di sedimentazione a cui è correlata una parziale evoluzione antigraavitativa. Infine l'ultima fase di ringiovanimento ha prodotto un'incisione profonda 4 m caratterizzata da sezioni abbastanza ristrette fino all'attuale livello di scorrimento del torrente. Come si vede da questo esempio ancora una volta possiamo riscontrare la

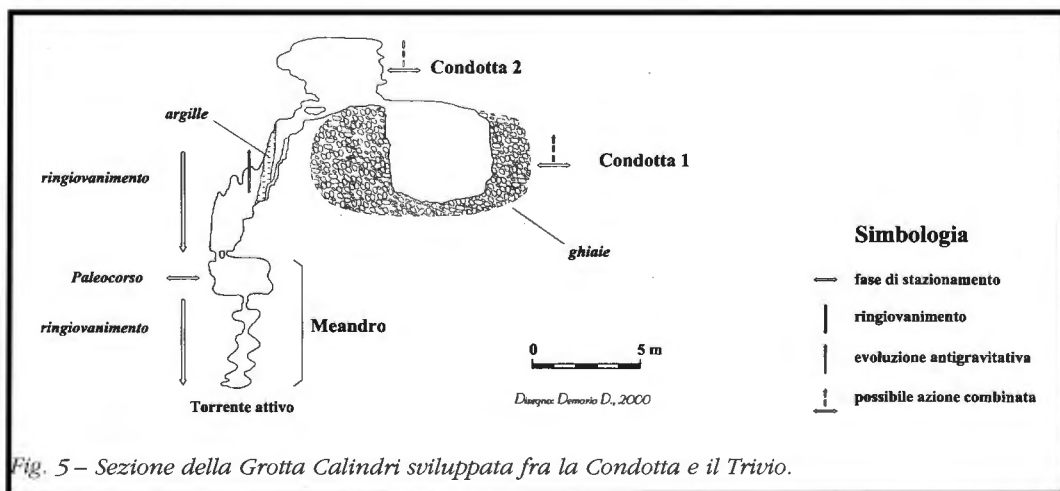


Fig. 5 – Sezione della Grotta Calindri sviluppata fra la Condotta e il Trivio.



complessità evolutiva delle nostre grotte, dove si sommano facilmente più eventi differenziati nel tempo e nelle modalità d'azione, che portano allo sviluppo di forme spesso fortemente compenstrate perché sviluppate in stretti intervalli di spazio. La ricostruzione evolutiva delle cavità necessita quindi di un'attenta analisi delle morfologie e dei dati speleometrici perché ogni segno lasciato sulla roccia può effettivamente raccontarci un pezzo della loro storia.

Tutti questi elementi, considerati globalmente, ci portano a ritenere che nella fase più antica all'interno della Calindri fosse presente un torrente con una portata decisamente superiore rispetto a quella odierna, responsabile perciò della creazione delle grandi sezioni che osserviamo, delle morfologie a grandi anse e degli altrettanto notevoli depositi sedimentari, prevalentemente ghiaiosi. In una fase successiva, che non è possibile attualmente quantificare dal punto di vista temporale, i flussi hanno subito una riduzione davvero consistente, generando quindi sezioni più ristrette e più spiccatamente meandreggianti, riducendo anche la quantità complessiva del materiale trasportato, anche se alcune osservazioni ci indicano che i livelli energetici raggiunti dalle acque in alcune fasi particolari restano comunque elevati.

Si pone quindi un duplice problema, cioè quello di spiegare, da una parte, le notevoli portate e la loro variazione nel tempo e, dall'altra, quello di individuare un'area di origine dei materiali sedimentari che sono poi stati veicolati all'interno della grotta. Una soluzione possibile è quella di ipotizzare che il bacino imbrifero che costituisce la valle cieca della grotta, e che quindi apporta le sue acque all'interno del sistema carsico, fosse in origine molto più esteso di quello odierno.

Un altro elemento di valutazione lo ricaviamo dai resti fossili che si rinvencono all'interno dei depositi, appartenenti tutti ad animali tipici di climi più freddi. La presenza preponderante del bisonte e del megacero ci indica un ambiente aperto, di prateria, con scarsa o limitata presenza di boschi, come confermano anche i diagrammi pollinici dell'inghiottitoio della Cava Filo. Questo implica che, in assenza di una copertura boschiva e in corrispondenza di periodi di maggiore piovosità, si possono innescare più facilmente e più intensamente tutti quei fenomeni di erosione del suolo e degradazione dei versanti che consentirebbero quindi di spiegare l'abbondanza dei depositi fisici in grotta.

La maggiore piovosità che si è avuta nel nostro

Appennino in corrispondenza di momenti climatici particolari del glaciale würmiano è sicuramente un fattore che occorre tenere ben presente, ma non può essere considerato esclusivo perché, date le dimensioni abbastanza contenute della valle cieca nella sua attuale conformazione, risulta assai problematico individuare all'interno di essa l'area da cui provengono le centinaia di migliaia di metri cubi di sedimenti che si rinvencono in grotta.

Ecco allora che la soluzione più corretta, e sulla quale bisognerà lavorare in futuro, è quella di combinare fra loro più fattori (ambientali, climatici, morfologici, paleogeografici) che, in maniera sicuramente complessa, hanno concorso a determinare quelle situazioni e quelle forme del paesaggio che ci sono oggi familiari.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1965 - *La Grotta Serafino Calindri* - Sottoterra, a. III, n° 9, pp. 19-28
- DEMARIA D., 1999 - *Il Buco dell'Acaciaia e il Sistema della Grotta Calindri*. Sottoterra, a. XXXVIII, n° 108, pp. 22-34 + 2 tav. f.t.
- DEMARIA D., GRIMANDI P., 1994 - *La 51 ER/BO: una grotta per due*. Sottoterra, a. XXXIII, n° 98, p. 20.
- DONINI L., 1961 - *Nuove scoperte speleologiche nel Bolognese* - Natura e Montagna, s. 2, a. I, n° 3, pp. 35-38.
- DONINI L., 1965 - *Brevi note sulle grotte dei Gessi Bolognesi* - Natura e Montagna, s. 2, a. V, n° 4, pp. 151-167.
- FANTINI L., 1970 - *Il Buco delle Gomme* - Sottoterra, a. IX, n° 26, pp. 6-9, pp. 6-9.
- GRIMANDI P., 1969 - *Il Buco dell'Acaciaia* - Sottoterra, a. VIII, n° 22, pp. 26-32.
- G.S.E.-C.A.I. MODENA, 1960 - *Le cavità naturali dell'Emilia Romagna. Parte prima: Le grotte del territorio gessoso tra i Torrenti Savena e Zena (Bologna)*. Le Grotte d'Italia, III, 1959-60, pp. 143-169.
- PASINI G., 1967 - *Osservazioni sui canali di volta delle grotte bolognesi*. Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. I, pp. 17-57.
- PASINI G., 1967 - *Nota preliminare sul ruolo speleogenetico dell'erosione antigrafitiva*. Le Grotte d'Italia, s. 4, vol. I, pp. 75-88.
- TREBBI G., 1926 - *Fenomeni carsici nei gessi emiliani* - Giornale di Geologia, s. II, vol. I, Bologna, pp. 20-48.

