



COMUNE DI ALBINEA

SOCIETA' SPELEOLOGICA ITALIANA

GRUPPO SPELEOLOGICO-PALEONTOLOGICO "GAETANO CHIERICI", Reggio Emilia

L'AREA CARSICA DI BORZANO (Albinea - Reggio Emilia)

a cura di
MAURO CHIESI



Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia
Serie II, vol. XI

Albinea, 2001

COMUNE DI ALBINEA

SOCIETA' SPELEOLOGICA ITALIANA
GRUPPO SPELEOLOGICO-PALETOLOGICO "GAETANO CHIERICI", Reggio Emilia

L'AREA CARSICA DI BORZANO
(ALBINEA - REGGIO EMILIA)

a cura di
MAURO CHIESI

MEMORIE DELL'ISTITUTO ITALIANO DI SPELEOLOGIA
SERIE II, VOL. XI

ALBINEA, 2001

Questo volume raccoglie i risultati dello “Studio speleologico e idrogeologico dell’area gessosa afferente al complesso carsico della Tana della Mussina di Borzano” finanziato dal Comune di Albinea (RE) e svolto in collaborazione fra
Società Speleologica Italiana, onlus (www.ssi.speleo.it)
Gruppo Speleologico Paleontologico “Gaetano Chierici”, Reggio Emilia
Istituto Italiano di Speleologia

La realizzazione dello studio è stata possibile grazie alla preziosa collaborazione degli speleologi del GSPGC e al sostegno dell’Amministrazione Comunale.

Un ringraziamento particolare va agli Autori degli articoli che compongono questa pubblicazione e agli amici Marco Franchi, Ivano Siligardi, Carlo Malavasi, Massimo Domenichini, Enrica Mattioli per il loro costante e appassionato impegno.

Il presente lavoro è stato coordinato e redatto da
Mauro Chiesi

Pubblicato con il contributo di
Comune di Albinea (provincia di Reggio Emilia) (www.comune.albinea.re.it)

La responsabilità scientifica di quanto affermato nei testi è dei singoli Autori.
Tutti i diritti d’Autore, di traduzione, elaborazione o riproduzione sotto qualsiasi forma, intera o parziale, sono riservati per tutti i paesi del mondo.

In copertina
Ruderi del Castello di Borzano, veduta (foto M. Chiesi)
Tana della Mussina di Borzano, ingresso (foto M. Chiesi)

INDICE

Presentazione	p. 7
Prefazione.....	p. 9
MAURO CHIESI - Inquadramento geografico e caratteri metereologici dell'area carsica di Borzano di Albinea	p. 11
MAURO CHIESI - La vegetazione dell'alto bacino del torrente Lodola	p. 19
MARCO CAPITANI - Il sistema carsico Speranza-Mussina, cenni geologici	p. 33
MASSIMO BARBIERI, ANTONIO ROSSI - Petrografia della zona carsica di Borzano e delle aree limitrofe	p. 37
ALESSANDRO CASADEI TURRONI, MAURO CHIESI, WILLIAM FORMELLA, ENRICO LEVRINI - La zona speleologica dei gessi messiniani di Borzano	p. 47
MASSIMO BARBIERI, ANTONIO ROSSI - Influenza della tettonica sull'evoluzione morfologica epi- ed ipogea nell'area carsica di Borzano	p. 73
MASSIMO BARBIERI, ANTONIO ROSSI - I riempimenti fisici della Tana della Mussina di Borzano: considerazioni ed interpretazioni	p. 87
PAOLO FORTI, MAURO CHIESI - Idrogeologia, idrodinamica e meteorologia ipogea dei gessi di Albinea, con particolare riguardo al sistema carsico afferente alla Tana della Mussina di Borzano	p. 115
FABIO STOCH - La fauna acquatica della Tana della Mussina	p. 141
GIULIANA PANIERI - I foraminiferi della Tana della Mussina	p. 147

PRESENTAZIONE

Nell'immaginario collettivo, la Tana della Mussina ha sempre rivestito un ruolo particolare; permeato di misticità, timori e rispetto reverenziale.

Infatti, per chi non aveva una conoscenza del luogo, o comunque non disponeva di elementi di approfondimento scientifico, ma come tanti altri ragazzi viveva il territorio con la curiosità che è propria di tutti i ragazzi, questa grotta rappresentava una sorta di luogo "off limits", nessuno si chiedeva nemmeno chi fosse la Sig.ra Mussina proprietaria di tale anfratto.

A distanza di diversi anni, guardo a quei luoghi: all'area dei Gessi Messiniani, con un occhio e con un'attenzione diversa; il ruolo che ricopre lo impone.

Il territorio del pedecolle della nostra Provincia e le bellezze che in sé sono racchiuse, meritano di essere valorizzate, e soprattutto tutelate; gli Amministratori, che hanno l'onore ma hanno anche l'onere di governare questo territorio, debbono sentirsi tutti impegnati in tal senso.

Se così non fosse, rischieremmo di compromettere un territorio con valenze ambientali e peculiarità paesaggistiche difficilmente riscontrabili in altre zone.

Gli strumenti di pianificazione del territorio che l'Amministrazione Comunale di Albinea si è data in passato, contenevano già elementi di vincolo e di salvaguardia per l'area interessata. Con la nuova Variante al Piano Regolatore Generale adottata nell'ottobre 2000, il livello di attenzione rispetto all'area dei Gessi Messiniani è aumentato in virtù di una nuova e maggiore consapevolezza maturata in chi ha il compito di governare il territorio. Anche i cittadini, che giustamente chiedono di poter frequentare la nostra collina, chiedono soprattutto che essa sia salvaguardata e mantenuta integra, come integra la troviamo ancora oggi.

Negli anni quindi, la collina Albinetana non ha subito modificazioni significative; ora però occorre fare un salto di qualità, è necessario saperne di più, non basta apprezzarne le valenze paesaggistiche, occorre conoscere e meglio tutto ciò che appartiene all'area dei Gessi Messiniani, sopra e sotto il suolo. L'incarico commissionato dall'Amministrazione Comunale alla Società Speleologica Italiana e al Gruppo Speleologico-Paleontologico "Gaetano Chierici", con il coordinamento di Mauro Chiesi, aveva appunto come obiettivo lo "Studio speleologico ed idrogeologico dell'area gessosa afferente il complesso carsico della Tana della Mussina di Borzano". Allo stato attuale non si possono commettere errori, è indispensabile la conoscenza approfondita, che deve tradursi in consapevolezza al fine di valorizzare, tutelandola, quest'area.

I risultati ottenuti dallo studio, il significativo valore, nonché l'alto contenuto scientifico che ha raggiunto, ci dimostrano ancora una volta l'importanza dell'approfondimento e del monitoraggio ambientale di questa area carsica.

Questa pubblicazione, che vede la collaborazione ed il contributo scientifico di numerosi Autori, racchiude in sé una mole imponente di dati, rilevamenti, ricerche, elaborati grafici e sarà certamente un insostituibile strumento scientifico-didattico per una migliore conoscenza ambientale dell'area.

Dovremo, ma io sono certo che sapremo far tesoro di questo importante lavoro che trasuda di impegno e passione; perché le emergenze paesaggistiche, naturalistiche, geologiche ed archeologiche, comprese nell'area dei Gessi Messiniani di Albinea richiedono l'attenzione e la sensibilità di tutti.

VILMO DELRIO
Sindaco di Albinea

PREFAZIONE

Tanti sono i ricordi che mi si affacciano alla mente leggendo questa monografia ed i ricordi diventano immagini vive. Eravamo negli anni '30, ero studente di ginnasio superiore. Mi trovavo a Reggio Emilia, ospite di due miei zii, marito e moglie, entrambi medici. Si preoccupavano di farmi visitare luoghi e cose interessanti in città o nella provincia: chiese, monumenti e fenomeni naturali. Un giorno di inizio estate, con un taxi che abitualmente usavano, mi portarono a Borzano di Albinea. A piedi risalimmo, in sponda sinistra, la valle del Torrente Lodola e raggiungemmo la "Tana della Mussina". Mi ricordo che, lungo il percorso, raccogliemmo un osso umano, un calcagno; appurammo, alcuni anni dopo, che il sentiero passava sotto al cimitero di Borzano, provvisto di fossa comune. Avvicinandomi alla grotta ebbi modo di esaminare la roccia affiorante lungo il cammino: era la prima volta che vedevo il gesso cristallino, cosa che mi procurò sorpresa ed interesse. Entrammo nella Mussina con le nostre torce elettriche; passammo anche nella seconda stanza attraverso una bassa apertura. Osservammo il pozzo che, vicino all'ingresso, comunicava con i livelli inferiori percorsi da un torrentello; non mi accorsi però dell'esistenza di un passaggio alto, presso la volta, e ritenni insuperabile il sifone completamente allagato. Questa fu la mia prima visita ad una grotta. Seppi, alcuni anni dopo, che una spedizione del Gruppo Speleologico Emiliano del C.A.I. di Modena, guidata dal Presidente Simonazzi, aveva utilizzato i pompieri per svuotare il sifone allagato e passare nella stanza successiva; non era ancora stato scoperto il passaggio alto. La "Tana della Mussina" si può dunque considerare la grotta che ha dato inizio ad una intensa attività speleologica nella Regione Emilia Romagna che ha portato alla scoperta, all'esplorazione, al rilievo e allo studio di oltre 800 cavità. Dall'attività di pochi appassionati si è passati a Gruppi Speleologici organizzati, coordinati inizialmente da una Commissione Catastale che, successivamente, ha dato vita alla Federazione Speleolo-

gica Regionale dell'Emilia Romagna. Da una attività a prevalente carattere sportivo si è arrivati ad una vera e propria scienza, la Speleologia, che prende in esame tutte le componenti che interessano una grotta ed il suo territorio. Un chiaro esempio di questa evoluzione è offerto dal ponderoso lavoro curato da Mauro Chiesi del Gruppo Speleologico-Paleontologico 'Gaetano Chierici' di Reggio Emilia per conto del Comune di Albinea e della Società Speleologica Italiana. Si tratta di un'opera che vede i contributi scientifici di numerosi Autori, tutti speleologi, e che illustra la Tana della Mussina ed il territorio ad essa circostante nei suoi diversi aspetti. L'inquadramento geografico e la meteorologia dell'area sono curati da Mauro Chiesi; Marco Capitani presenta le caratteristiche geologiche della zona. L'inquadramento geospeleologico dei locali gessi messiniani è opera di Alessandro Casadei Turroni, Mauro Chiesi e William Formella. La vegetazione è descritta da Mauro Chiesi che, unitamente a Paolo Forti, ha curato anche la parte idrogeologica e meteorologica, estendendola all'intero territorio dei Gessi di Albinea. Sono inoltre illustrati da Giuliana Panieri i Foraminiferi presenti sia nei riempimenti fisici della grotta che quelli nelle rocce pelitiche circostanti. La fauna acquatica è studiata da Fabio Stoch. Lo studio petrografico è di Antonio Rossi e Massimo Barbieri, che hanno curato con puntale attenzione anche la ricerca sull'evoluzione morfologica dell'area carsica di Borzano e quella sui riempimenti fisici della Mussina. Si tratta dunque di un impegnativo ed importante lavoro scientifico multidisciplinare che, considerando un'area ben definita, rispecchia tutta l'evoluzione della ricerca speleologica e può essere portato ad esempio come studio completo e moderno di una cavità e del territorio in cui essa è inserita.

PROF. MARIO BERTOLANI
Presidente Onorario Federazione
Speleologica Regionale Emilia Romagna

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARATTERI METEOROLOGICI DELL'AREA CARSICA DI BORZANO DI ALBINEA (Reggio Emilia)

Mauro Chiesi ¹

Riassunto

L'area carsica di Borzano di Albinea è costituita da una sottile dorsale discontinua di affioramenti gessosi con altitudine compresa tra 200 e 418 m s.l.m. . Protetta da due dorsali appenniniche e posta al di sopra della "linea delle nebbie", vede la presenza di una fascia microclimatica particolarmente mite, di tipo mediterraneo, nettamente distinta dal clima della adiacente pianura. Pur disponendo di una serie di dati molto breve (1993/99), è possibile inserire l'area nel dominio del *Clima temperato piovoso (mesotermico umido) con inverno asciutto ed estate molto calda*.

Nel periodo di studio speleologico (1998/99) sono state registrate temperature più elevate e minori piogge rispetto alle medie.

Parole chiave: Meteorologia, Clima, Carsismo in Gesso, Emilia

Abstract

Geographic setting and thermopluviometric characteristics of the Borzano karst area.

Karst area of Borzano di Albinea consists of a small ridge of gypsum outcrops with an high ranging between 200 and 418 m a.s.l.. The area is above the inversion line and shielded by two Apennine ridges, therefore it is characterised by a very mild mediterranean climate, far different from the continental one which dominates in the plain. Even if the available climatic records refers to a short time interval (1993-1999) it is possible to define its climate as: *Rainy temperate climate (Mesothermic Humid) with dry winter and very hot summer*.

During the speleological investigation (1998-1999) the recorded temperature were higher, while the rain-falls were lower than the average values.

Keywords: Meteorology, Climate, Gypsum karst, Emilia

Corografia

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 86 - Modena - della Carta d'Italia in scala 1:100.000 ed è compresa nella Tavoletta IV N.E. - Scandiano- alla scala 1:25.000; occupa l'Elemento 218044 - San Giovanni - della

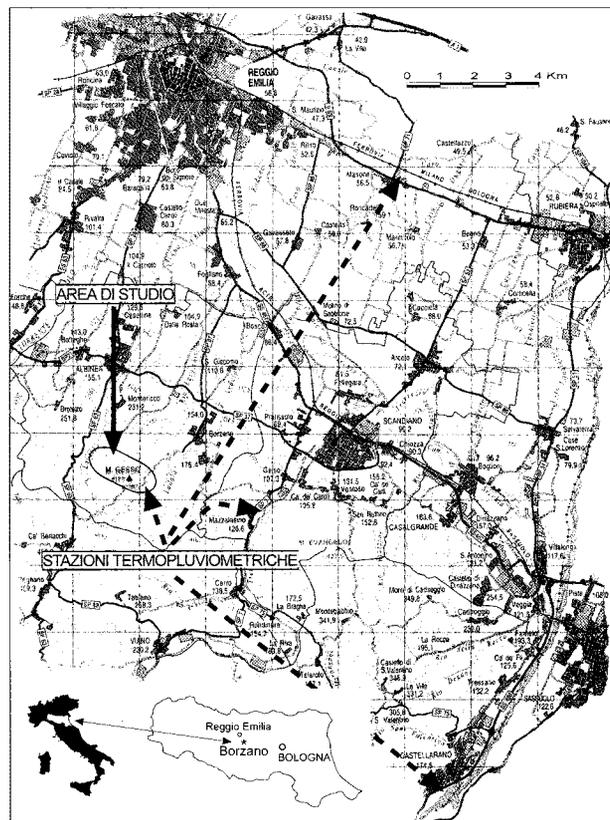


Fig. 1 - inquadramento geografico dell'area di studio con individuazione delle stazioni termopluviometriche utilizzate

¹ Società Speleologica Italiana, Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici" - Reggio Emilia

Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000.

L'estensione areale oggetto di studio partecolareggiato supera i 100 Ha. e si colloca all'estrema porzione SE del territorio comunale di Albinea (RE), a S della frazione di Borzano. Dista dal capoluogo di Provincia, Reggio Emilia, circa 16 Km (Fig. 1).

E' caratterizzata da una serie di affioramenti gessosi discontinui, parte di una sottile dorsale sviluppata in direzione appenninica NW-SE, compresi entro le incisioni (da ovest ad est) del Rio Groppo e del Torrente Lodola.

A sud il bacino del Lodola trova limite nella dorsale marnoso-argillosa denominata Ca' del Vento (foto 1). Il Torrente Lodola è il più esteso dei piccoli corsi d'acqua che confluiscono, poco a valle dell'abitato di Fogliano, a formare il Torrente Rodano il cui bacino è compreso, quindi, tra quello dei torrenti Crostolo e Tresinaro.

Orografia e idrografia superficiale

La dorsale gessosa ha un assetto direttamente dipendente dagli aspetti tettonici e morfogenetici prevalenti (BARBIERI & ROSSI, 2001). La copertura arborea, prevalentemente assestata proprio in corrispondenza degli affioramenti della

roccia gessosa, nasconde per lo più le morfologie carsiche di superficie che la caratterizzano: doline e valli cieche di notevole ampiezza in raffronto all'estensione areale dei gessi.

I maggiori rilievi gessosi dell'area sono (da W a E), il Monte Lunetta (375 m), il Monte Gesso (418 m) e la rupe del Castello di San Giovanni di Borzano (310 m). A spartiacque orografico tra il Torrente Lodola, il Rio Groppo e il Torrente Lavezza, si erge il maggiore rilievo dell'area: il Monte Scaletta (467 m), estrema propaggine N della dorsale marnoso-argillosa della Ca' del vento (525 m). La zona carsica sottesa da questi confini è un'area endoreica dove la circolazione idrica di superficie è limitata alle sole valli cieche, provenendo dai versanti a copertura argillosa delle doline. Queste depressioni hanno quindi modesto sviluppo e regimi temporanei in dipendenza delle precipitazioni; la valle cieca di maggiore estensione, afferente alla dolina delle Budrie, presenta un'asse maggiore di poco superiore ai 600 metri.

Condizioni climatiche

I gessi delle colline di Borzano si trovano in una felice posizione geografica, posti come sono tra i 200 m s.l.m. dei più bassi affioramenti in



Foto 1 - panoramica del versante nord del rilievo gessoso del Castello di Borzano, posto al centro dell'anfiteatro dell'alto bacino del torrente Lodola, sovrastato dalla dorsale di Ca' del Vento (foto M. Chiesi)

corrispondenza delle incisioni torrentizie, ed i 418 m del Monte del Gesso di Borzano. Essendo protetti alle spalle dai venti invernali e trovandosi al di sopra della "linea delle nebbie", non subiscono il fastidioso effetto dell'inversione termica che caratterizza viceversa negativamente gli inverni nella sottostante pianura (foto 2).

In particolare nell'anfiteatro costituito dalla testata del bacino del Torrente Lodola, che cinge le spalle della linea dei gessi di Borzano, si avverte sensibilmente la presenza di una fascia microclimatica particolarmente mite di tipo mediterraneo. In ragione della particolare aridità del suolo e dell'esposizione dei versanti, ciò consente lo sviluppo di piante di orizzonti meridionali tra cui molte specie naturalizzate qui a seguito di immissione antropica tardo-medioevale (l'olivo) o recente, a scopo ornamentale (il leccio).

Ai fini del presente studio, ed in particolare per la caratterizzazione puntuale degli aspetti climatici di maggiore rilievo rispetto alla carsificazione dell'area, si sono utilizzati i dati registrati da una centralina pluvio-igro-termometrica posta a quota 210 m s.l.m., in un vigneto ai piedi del versante NE delle rupe del Castello di Borzano. Il periodo di funzionamento della centralina in oggetto, installata nel 1993 e vittima di alcune interruzioni accidentali, non è sufficien-

temente prolungato per consentire una compiuta analisi. Per questo motivo la definizione degli andamenti climatici dell'area di studio è stata correlata e confrontata con i dati di altre stazioni termopluviometriche, sia per il periodo di studio sia per la serie storica pubblicata (°).

Caratteristiche termometriche

Sulla base dei dati disponibili sono stati calcolati i valori medi mensili, stagionali e annui delle temperature massime, medie e minime e delle relative escursioni termiche (Tab. 1).

La temperatura media annua dell'area oggetto di studio è di 13,13 °C; differisce di circa 6 °C dalla media di T. min. e di circa 5,3 °C dalla media di T. max. .

Dalle medie mensili delle T. massime si osserva che i valori hanno raggiunto il minimo in dicembre (3,77 °C) ed il massimo in luglio (30,47 °C); le T. minime hanno registrato il minimo sempre in dicembre (-3,06 °C) ed il massimo, invece, in agosto (16,49 °C).

Le temperature medie che ne derivano presentano il valore più basso in dicembre (0,96 °C) ed il più elevato in luglio (23,48 °C) (Fig. 2A). La temperatura media stagionale oscilla tra i 2,98

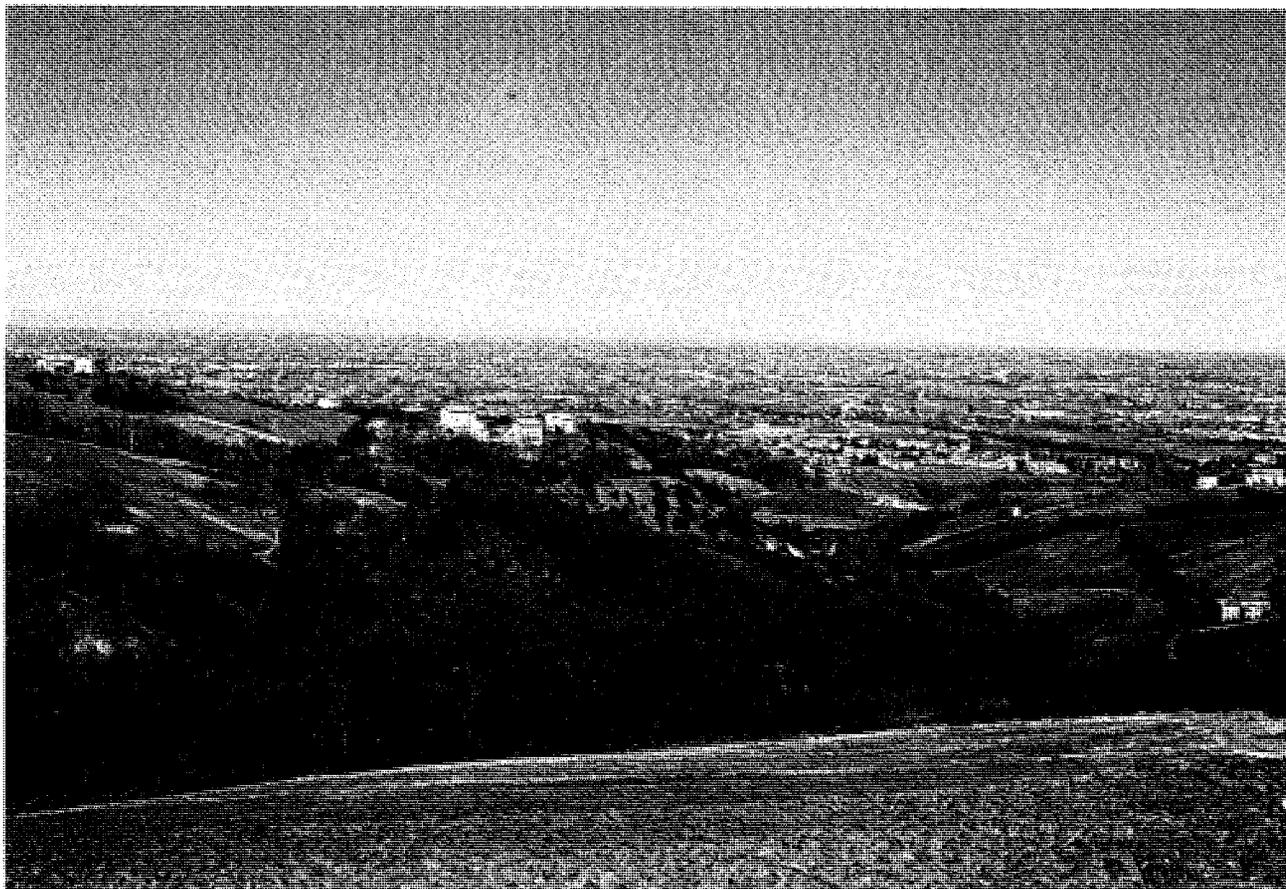


Foto 2 - panoramica dell'ampia vallata del torrente Lodola verso la pianura (foto M. Chiesi)

Mesi	M	m	M+m/2	M-m
Gennaio	8,31	-1,02	3,95	9,33
Febbraio	8,95	-1,14	4,05	10,09
Marzo	15,31	2,23	9,13	13,08
Aprile	17,74	5,24	11,93	12,50
Maggio	23,98	10,84	18,01	13,14
Giugno	27,32	14,45	21,42	12,87
Luglio	30,73	16,17	23,48	14,56
Agosto	30,47	16,49	23,37	13,98
Settembre	25,07	12,60	18,79	12,47
Ottobre	18,41	8,05	13,92	10,36
Novembre	11,64	4,08	8,57	7,56
Dicembre	3,77	-3,06	0,96	6,83
Inverno	7,01	-1,74	2,98	8,75
Primavera	19,01	6,10	13,02	12,91
Estate	29,51	15,70	22,76	13,81
Autunno	18,37	8,24	13,76	10,13
anno	18,48	7,08	13,13	11,40

Tab. 1 Dati delle temperature massime (M), minime (m), medie (M+m/2) e delle escursioni termiche (M-m) mensili, stagionali e annue registrate dalla stazione di Borzano (210 m s.l.m.) nel periodo 1993/99.

°C dell'inverno e i 22,76 °C dell'estate.

La media della temperatura massima e minima differisce da questi ultimi valori rispettivamente per circa 10,1 °C per l'inverno e 9,6 °C per l'estate (Fig. 2B).

La temperatura media mensile aumenta in maniera graduale da gennaio fino ad agosto e diminuisce altrettanto gradualmente; nella curva di innalzamento si nota una leggera discontinuità corrispondente al mese di maggio che deriva dal modesto aumento delle temperature massime.

La stagione autunnale è più calda di quella primaverile.

Le escursioni termiche riscontrate mostrano valori inferiori ai 10°C solo per il tardo autunno e l'inverno; sono maggiori in estate (14,56 °C in luglio) e minori in inverno (6,83 °C in dicembre) (Fig. 3).

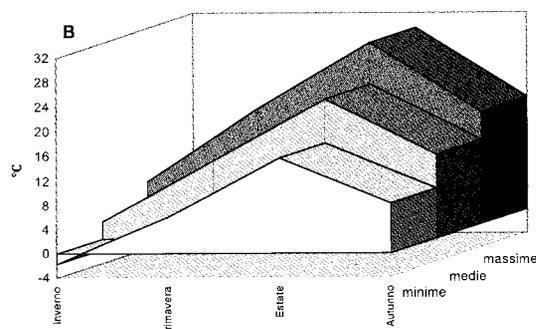
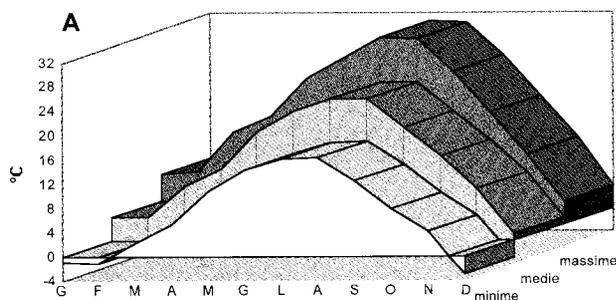


Fig. 2 - Caratteristiche termometriche della stazione di Borzano. Sono riportate le temperature massime, medie e minime mensili (A) e stagionali (B).

Nel periodo analizzato la temperatura più bassa si è registrata il 29.12.96 con il valore di -12,6 °C, la più alta il 10.8.98 con 37,2 °C.

Queste considerazioni, pur tenendo conto delle limiti temporali dei dati disponibili, porterebbero a definire che, dal punto di vista climatico (classificazione di W. Köppen), l'area è compresa nella categoria Cwa: *Clima temperato piovoso (mesotermico umido) con inverno asciutto ed estate molto calda - il valore medio del mese più caldo è superiore a 22°C* - (STRAHLER, 1984).

Caratteristiche pluviometriche

Il periodo compreso (1993/99) si è caratterizzato per annate calde e complessivamente poco piovose: la media di piovosità annua, infatti, risulta di soli 548,79 mm (Tab. 2).

Le precipitazioni medie mensili massime si sono riscontrate nei mesi di aprile, giugno e settembre (rispettivamente 102,88 - 73,12 - 86,0 mm); minime si riscontrano in febbraio, maggio, luglio (rispettivamente 15,45 - 19,84 - 23,64 mm) (Fig. 4).

La stagione più piovosa è stata l'autunno (188,70 mm), quella più secca la invernale (72,67 mm).

La media annuale delle precipitazioni (548,79 mm), distribuiti in 114 giorni piovosi (4,8 mm/gp), è notevolmente inferiore alla media annuale nazionale (970 mm).

Nel periodo analizzato l'anno più siccitoso è stato il 1998 con soli 415 mm di pioggia, a causa di siccità anomale verificatesi nei mesi di giugno (25,2 mm) e novembre (16 mm).

Indice di aridità

Sulla base dei dati disponibili per la zona, si è calcolato l'indice di aridità secondo la formula

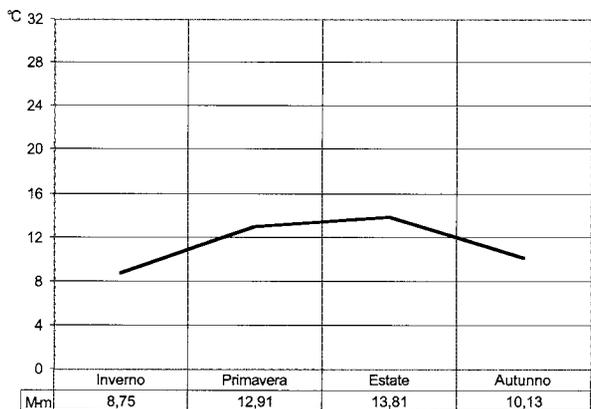
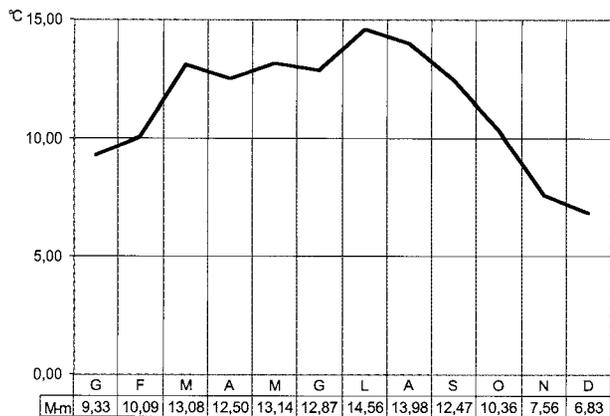


Fig. 3 - Andamento delle escursioni termiche mensili e stagionali alla stazione termometrica di Borzano.

Mesi	totale	gp	mm/gp
Gennaio	19,12	8,20	2,33
Febbraio	15,45	4,50	3,43
Marzo	41,66	6,20	6,72
Aprile	102,88	11,80	8,72
Maggio	19,84	7,80	2,54
Giugno	73,12	8,50	8,60
Luglio	23,64	5,00	4,73
Agosto	26,28	5,80	4,53
Settembre	86,00	10,00	8,60
Ottobre	64,40	18,50	3,48
Novembre	38,30	15,00	2,55
Dicembre	38,10	13,00	2,93
Inverno	72,67	25,70	8,69
Primavera	164,38	25,80	17,98
Estate	123,04	19,30	17,86
Autunno	188,70	43,50	14,63
anno	548,79	114,30	4,80

Tab. 2 - Dati pluviometrici medi mensili, stagionali e annui; sono riportati i valori delle precipitazioni medie mensili (mm), dei giorni piovosi (gp) e della densità di precipitazione (mm/gp) della stazione di Borzano nel periodo 1993/1999

di De Martonne $I_a = 12P_m/10+T_m$ che definisce *aridi* i mesi in cui $I_a < 10$ (colture agrarie compromesse) e *sub-aridi* i mesi in cui $I_a < 20$: risultano aridi i mesi di maggio e luglio (entrambi con I_a 8,47) ed agosto (I_a 9,45). Il mese di giugno, viceversa, presenta un indice I_a 27,92, grazie alla copiosità delle piogge (73,12 mm) suddivise in 8,6 mm/gp. In questo periodo sono infatti frequenti violenti temporali con copiose precipitazioni.

Confronto dei dati delle serie storiche con quelli rilevati durante lo studio speleologico

Il periodo di svolgimento dello studio speleologico sull'area gessosa afferente al complesso carsico della Tana della Mussina (dal maggio 1998 a tutto il giugno 1999) ha coinciso con un particolare andamento meteorologico, caratterizzato da un sensibile aumento delle temperature e una diminuzione della piovosità.

Per meglio definire le caratteristiche meteorologiche dell'area di studio, in considerazione del breve periodo di dati a disposizione della stazione di Borzano (1993/99) e delle sue accidentali lacune temporali occorse in parti-

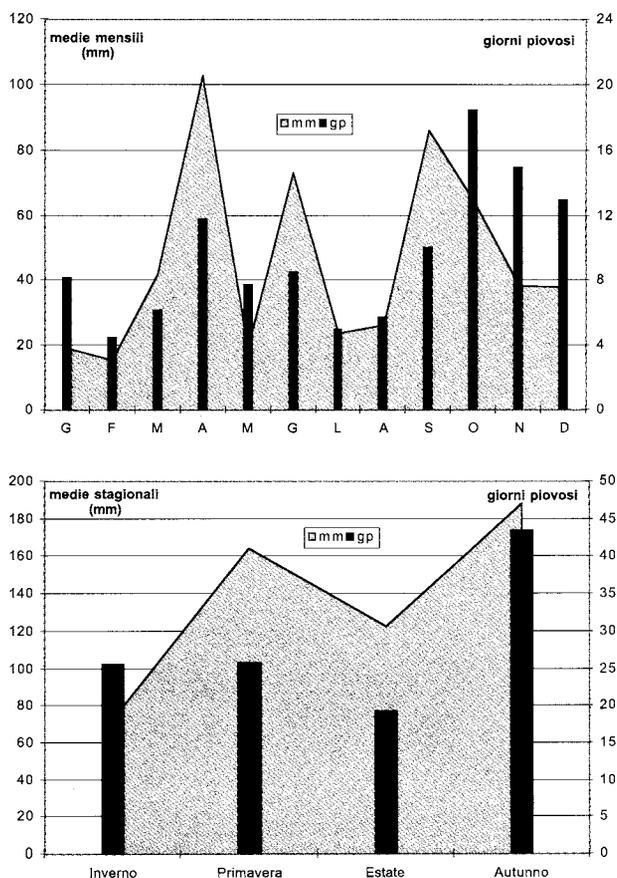


Fig. 4 - Andamento delle precipitazioni e numero dei giorni piovosi (gp) mensili e stagionali.

colare nel periodo invernale, le elaborazioni grafiche precedenti debbono essere confrontate con alcune serie storiche disponibili (Fig. 5, Tab. 3, 4).

Nel periodo di studio la stazione di Borzano ha subito una avaria nel mese di febbraio, che influisce con evidenza nella determinazione dei dati annui.

La vicina stazione di Castellarano (12 Km in linea d'aria), ha mostrato medie mensili di temperatura sempre inferiori rispetto a quelle rilevate alla stazione di Borzano che è posta solamente 50 m s.l.m. più in alto. Questo può essere in parte spiegato dalla sua localizzazione al fondo valle del Fiume Secchia, in prossimità della "traversa" di Castellarano (bacino di presa dei canali irrigui di Modena e Reggio E.).

Nel confronto dei dati pluviometrici è di particolare aiuto la stazione di Jano-Gessi, posta come è a soli 3 Km in linea d'aria da quella di Borzano, appena al di là dello spartiacque del bacino del Lodola: i dati di piovosità sono sostanzialmente confrontabili con quelli registrati a Borzano.

Conclusioni

I dati a disposizione per la stazione di Borzano coprono un periodo breve (1993/99) e sono spesso caratterizzati da periodi di non funzionamento: la centralina è al servizio di un'azien-

da vitivinicola, per la determinazione dei criteri e delle tempistiche di trattamento fitosanitario alla vite e le avarie che si verificano nel periodo invernale, di riposo vegetativo, non hanno particolare rilevanza a questi fini. Nonostante ciò si è tentata una prima caratterizzazione analitica del particolare clima dell'area gessosa oggetto di studio speleologico, confermando la netta distinzione che contraddistingue il clima dell'alto bacino del torrente Lodola rispetto a quello della adiacente pianura e dei fondovalle del Fiume Secchia (Castellarano) e Torrente Tresinaro (Jano-Gessi). Durante il periodo di studio speleologico, infine, sono state registrate temperature più elevate e minori piogge rispetto alle medie del periodo 1993/1998.

Viene confermata, per la prima volta sulla base di dati meteorologici obiettivi, la presenza di una fascia microclimatica di tipo mediterraneo, supposta da vari Autori in base ad osservazioni di tipo botanico, che meriterebbe ulteriori approfondimenti nel tempo.

(°) Ringraziamenti

I dati climatici relativi al periodo di studio sono stati resi disponibili dal Consorzio della Bonifica Parmigiana Moglia-Secchia e dalla Ferrarini S.p.a. di Reggio Emilia. Un particolare ringraziamento va, rispettivamente, al p.a. Alberto Davolio e all'enologo Giuseppe Melioli, per la collaborazione prestata.

località	quota	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Reggio Emilia, 1961/70	55 m	54,0	38,0	55,0	79,0	69,0	65,0	39,0	43,0	56,0	105,0	76,0	48,0	727,0
Reggio E.-Masone, 1998	55 m	24,6	15,0	24,8	42,4	45,4	45,4	45,0	6,0	100,8	58,2	29,6	43,8	481,0
Jano-Gessi, 1998	107 m	23,0	15,2	35,2	50,0	55,4	29,0	15,4	9,0	124,6	65,6	24,8	53,0	500,2
Castellarano, periodo studio	160 m	34,0	31,4	34,2	128,4	45,8	72,4	66,2	8,4	83,2	145,0	23,4	58,0	730,4
Borzano, periodo studio	210 m	25,8		11,8	120,6	21,6	56,6	15,4	18,8	78,0	53,8	10,6	36,2	449,2

Tab. 3 - precipitazioni medie mensili

località	quota	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Reggio Emilia, 1926/55	55 m	1,1	3,2	8,2	12,7	16,9	21,2	23,8	22,9	19,6	13,3	7,2	2,8	12,7
Casina, 1926/55	500 m	0,7	2,2	6,1	10,7	14,3	19	21,5	20,7	17,2	11,4	6,7	1,9	11
Castellarano, periodo studio	160 m	3,5	3,5	8,5	12,0	17,9	20,8	24,9	24,2	18,0	13,1	5,7	2,0	12,8
Borzano, periodo studio	210 m	7,7		11,5	15,1	21,2	24,5	26,2	26,5	20,9	16,5	8,3	5,2	15,3

Tab. 4 - medie mensili di temperatura

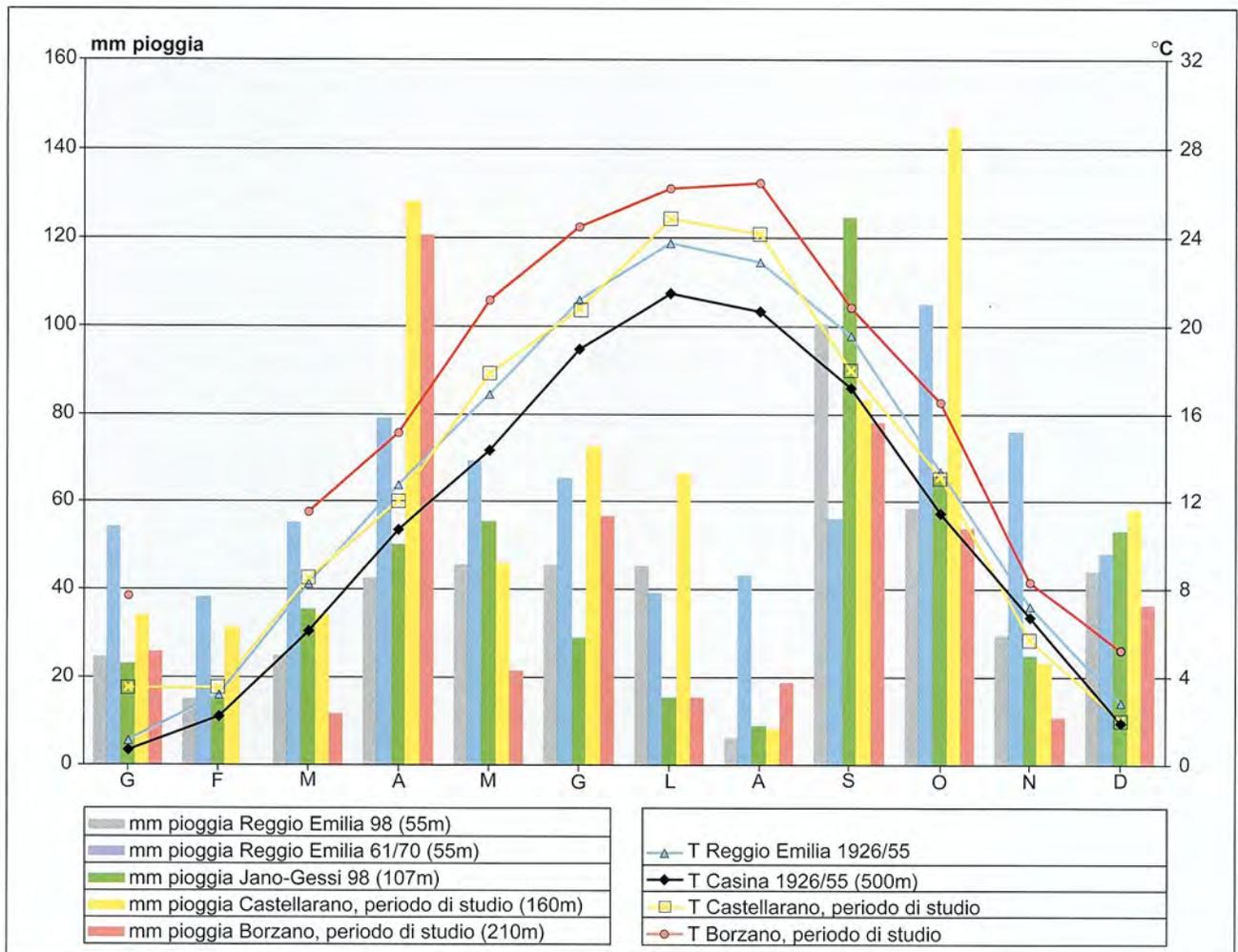


Fig. 5 raffronto dei dati termo-pluviometrici rilevati durante il periodo di svolgimento dello studio speleologico (maggio 98/giugno 99) con alcune serie storiche disponibili per stazioni limitrofe (la stazione di Borzano non ha funzionato nel mese di febbraio).

Bibliografia essenziale

AFFRONTI F., 1982: Aspetti di climatologia appenninica per la valorizzazione del territorio nella regione emiliana. Atti del Primo Convegno di Meteorologia Appenninica, Reggio Emilia 1979, 197-219.

BARBIERI M., ROSSI A., 2001: Influenza della tettonica sull'evoluzione morfologica epi-ipogea nell'area carsica di Borzano (Comune di Albinea, Prov. di Reggio Emilia. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, Serie II, Vol. XI, Albinea, 2001, p. 71-83

MENNELLA C., 1974: Il clima d'Italia. Vol. I, Napoli, Frat. Conte, 1974

MINISTERO LL.PP., Serv. Idrogr., 1966: Distribuzione della temperatura dell'aria in Italia (1926-55). Roma, Ist. Poligr. dello Stato, fasc. 1, Italia settentrionale, 1996

STRAHLER A.N., 1984: Geografia fisica, Piccin Nuova Libreria S.p.a., Padova 1984, 223-233

STUDIO CONSULENZA AMBIENTALE, 1990: Analisi delle componenti ambientali del bacino del T. Rodano. Comune di Reggio Emilia, Ass. Ambiente, inedito

LA VEGETAZIONE DELL'ALTO BACINO DEL TORRENTE LODOLA (Albinea – Reggio Emilia)

Mauro Chiesi ¹

Riassunto

Vengono presentati i risultati della verifica ed aggiornamento della carta della copertura vegetale in scala 1:10.000, redatta nel 1990. La breve descrizione di 11 formazioni-tipo individuate e l'analisi di due transetti di versanti con affioramento di gesso, confermano la peculiarità e ricchezza della vegetazione dei "gessi".

Il particolare microclima, il substrato e la differente esposizione dei versanti consentono la vegetazione, alle medesime quote, di specie sia mediterranee (olivo, capperò ecc.) che montane (carpino nero, castagno ecc.), queste ultime sottoquota e favorite dal fenomeno dell'inversione del rilievo nelle doline.

Viene inoltre analizzata quantitativamente l'evoluzione della copertura e dell'uso del suolo nel periodo 1933/99.

Parole chiave: Vegetazione, Uso del suolo, Carsismo in Gesso, Emilia

Abstract

Vegetation lineaments of the upper Lodola creek (Albinea, Reggio Emilia)

The vegetation map 1:10.000 (1990) has been controlled and updated. The short description of the 11 detected type-formations and the analysis of two slopes with outcropping gypsum confirmed the peculiarity and the richness of vegetation developing over gypsum. The peculiarity of the microclimate substratum, the different substrata and hill-slope exposures allow the evolution, at the same high, of different species, both mediterranean (olive-three, caper, etc.) and mountain (hophornbeam, chestnut, etc.): the latter developing far below the normal high due to the "relief inversion" inside the dolines. Besides, historical landuse is analysed between 1993/99.

Keywords: Phytogeography, Historical landuse, Gypsum karst, Emilia

Introduzione

L'intero bacino ricade nella zona dei querce-ti submediterranei ed è caratterizzato da boschi collinari-submontani di latifoglie mesofile e xerofile, a copertura estesa, equilibrata e nel complesso omogenea (foto 1).

Significativa in tal senso è la scarsa presenza

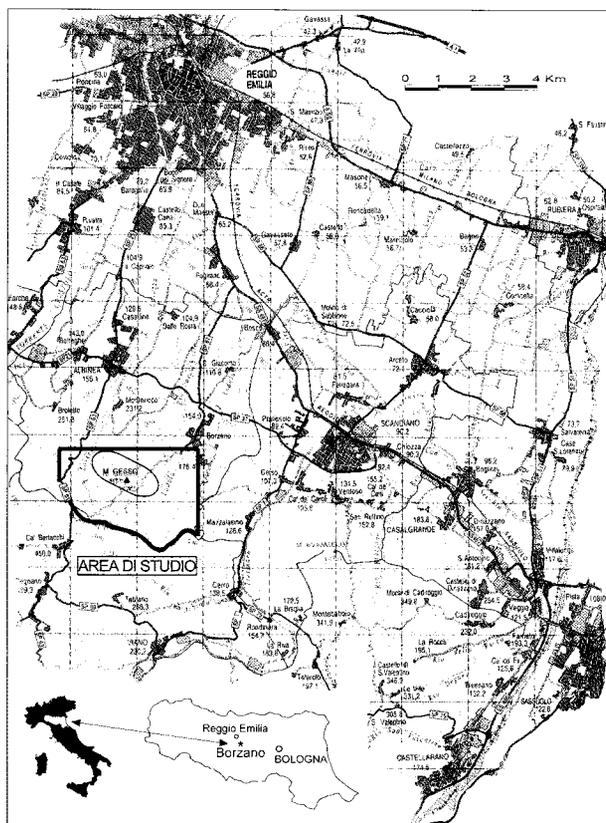


Fig. 1 - inquadramento geografico dell'area di studio

¹ Società Speleologica Italiana, Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici" – Reggio Emilia



Foto 1 – versante nord della rupe gessosa del Castello di Borzano, con bosco dominato dal carpino nero; sullo sfondo i boschi misti dell’alto bacino del Rio delle Murazze, al di sopra dei quali, sul crinale, si distinguono impianti artificiali di cipresso e pino nero (foto M. Chiesi)

di nuclei a Pino silvestre, unica conifera arborea indigena, specie colonizzatrice dei versanti in dissesto (calanchi, aree denudate da erosione ecc.).

Nei boschi a valle del Monte Lunetta e di Casa Speranza, è stato introdotto in passato l’impianto del castagneto da frutto.

L’attuale fisionomia e consistenza dei boschi è stata condizionata positivamente da diverse cause concomitanti: la proprietà agricola estesa su grandi superfici, la prevalente esposizione a nord dei terreni, il particolare substrato geologico. Forma di governo dei boschi prevalente è il ceduo matricinato a turni di circa 20/25 anni. Tale azione di taglio provoca alterazioni nell’assetto pedologico bloccandone ciclicamente l’evoluzione e provocando erosione e lisciviazione del suolo. La ceduzione condiziona la mescolanza tra le specie vegetali, la presenza faunistica, la biomassa presente, la fertilità, i cicli della sostanza organica e degli elementi minerali. Le ripercussioni sulla funzionalità dell’ecosistema bosco sono quindi compatibili o tollerabili solo nelle situazioni in cui esistono buone capacità di resistenza e di reazione.

Solo in alcune aree adiacenti a case padronali o ville sono state conservate fustaie, come a Ca’ del Vento o nel versante N della rupe del Castel-

lo di Borzano, ove va evolvendosi una interessante fustaia per invecchiamento del ceduo. Le condizioni vegetative dei boschi posti nella fascia più elevata, caratterizzata da suoli non basici che favoriscono lo sviluppo di nuclei a cerreta, si sono mantenute buone nonostante la ceduzione. La copertura è continua, i polloni sono in ottime condizioni vegetative, le matricine sono rilasciate in numero elevato e si è conservata una discreta mescolanza tra le diverse specie arboree. E’ inoltre presente un sottobosco vario che risponde alle esigenze eco-etologiche della Fauna, presente in quantità e qualità notabili. Scendendo a valle le condizioni vegetative dei boschi peggiorano sensibilmente, ed evidente appare che la ceduzione, unitamente a condizioni pedoclimatiche meno favorevoli, non sono ben tollerati dalle formazioni boschive presenti.

Con il progressivo abbandono della ceduzione e della conseguente manutenzione, attualmente si assiste ad un generalizzato aumento della copertura del suolo attraverso le fasi dell’arbusteto. Tuttavia non sempre l’abbandono della coltivazione del bosco porta come conseguenza un miglioramento, anzi, in alcune porzioni maggiormente antropizzate ciò ha favorito il diffondersi del robinieto, come nel-

Foto 2 - robinieto della Dolina del Pomo, instauratosi a seguito della discarica di una piccola cava di gesso abbandonata: tentativo di miglioramento effettuato nei primi anni 90 (foto M. Chiesi)



Foto 3 - cava abbandonata della Dolina del Pomo: querceto xerofilo a roverella (foto M. Chiesi)



l'area della Dolina del Pomo, sede di discarica di una piccola cava abbandonata (foto 2).

La carta della copertura vegetale in scala 1:10.000, estesa a tutto l'alto bacino del Torrente Lodola per meglio inquadrare la fisionomia dell'area di studio, verificata e aggiornata rispetto alla versione redatta nel 1990, individua 11 formazioni tipo:

- formazione con prevalenza di cerro (querce-
ti mesofili)
- formazione con prevalenza di roverella (quer-
ceti xerofili)
- formazione con prevalenza di cerro e rove-
rella (intermedi)
- formazione con prevalenza di carpino nero
- bosco senza prevalenza di specie
- bosco misto ripario
- impianti artificiali (rimboschimenti, parchi ecc.)
- cespuglieto di ginepro con roverella
- cespuglieti
- cespuglieti arborati
- coltivi, terreni nudi, aree urbanizzate

La forma di governo dei boschi, la presenza di filari di rilevanza paesaggistica e il posizionamento dei transetti strutturali è distinta da apposita simbologia nella carta allegata.

Formazioni con prevalenza di cerro (querceto mesofilo)

Si possono distinguere tre tipi di querceto mesofilo: a) cerrete, b) querceto con abbondante carpino nero, c) querceto con cerro, rovere e carpino bianco. Questi aggruppamenti forestali sono moderatamente esigenti per ciò cui attiene la disponibilità idrica del suolo e occupano aree con terreni profondi, in versanti esposti a nord.

Il cerro è specie che si adatta bene sia su terreni argillosi, strutturalmente compatti e asfittici, sia su terreni acidi. Caratterizza la fascia più elevata del bacino, tra le località Cavazzone e Casa Mataiano. Al variare delle condizioni climatiche (esposizione) e morfologiche (fondovalle, conche carsiche e non, crinali ecc.) dalle cerrete si passa a formazioni maggiormente diversificate, con presenza di specie arboree più specializzate: nelle situazioni orografiche sfavorevoli, quali versanti rocciosi ripidi e di suoli superficiali, più consistente si fa la presenza del carpino nero e dell'orniello, che possono soppiantare completamente, in situazioni limite, il cerro.

Viceversa, su terreni profondi e freschi, al cerro si associano la rovere, il carpino bianco il frassino ed il tiglio, costituendo le compagini più rigogliose riscontrabili nell'area.

Nelle zone più caldo-aride aumenta la presenza di roverella e di altre specie arboree più resistenti all'aridità estiva. Altre specie arboree presenti nei querceti mesofili sono: il castagno, diffuso scarsamente nella parte alta del bacino; il pino silvestre, presente in pochi esemplari; il ciliegio, l'acero campestre, l'olmo campestre lungo i confini dei boschi e nelle radure, il sorbo domestico, il ciavardello, l'acero minore e opalo, il maggiociondolo; pioppi, salici ed ontano lungo i corsi d'acqua. Tra le specie arbustive troviamo lantana, i biancospini, il prugnolo, il ligustro, la rosa di macchia, il corniolo e la sanguinella, la coronilla, la fusaggine. La presenza notevole del pungitopo indica che queste formazioni occupano la sottofascia calda dei querceti mesofili. Sono presenti diverse liane come il caprifoglio, il tamaro, la vitalba e rampicanti come l'edera. Tra le specie erbacee sono presenti: alcune viole, la scilla, la dentaria, la polmonaria, il dente di cane, il veratro vero, la pervinca, l'erba trinità, la primula, il narciso, la peonia, l'anemone, l'elleboro, il sigillo di Salomone, diverse orchidee, l'iris, il giglio (raro), alcune euforbiacee, la tomentilla ed il camedrio.

Formazioni con prevalenza di roverella (querceto xerofilo)

Questi aggruppamenti dominati dalla roverella si presentano in genere piuttosto degradati e bloccati nel loro dinamismo da fenomeni intrinseci (esposizione, substrato) ed estrinseci (utilizzazioni) (foto 3).

A tratti l'assetto di queste formazioni è costituito da boscaglie discontinue, con le specie proprie del bosco tendenti al regresso, piante stentate e sottobosco in cui abbonda il brachipodio. Vi sono anche esempi di boschi di roverella posti nei fondovalle in grado, mediante interventi selvicolturali più adeguati, di costituire boschi con discreto rigoglio vegetativo.

Diverse essenze arboree accompagnano la roverella in queste formazioni: l'acero minore, i sorbi, il carpino nero, l'orniello e, in alcuni casi, il pino silvestre ed il pioppo tremolo. Piante più esigenti come l'acero campestre, qualche castagno e ciliegio, il cerro, compaiono dove le condizioni pedoclimatiche sono a loro più favorevoli.

Gli arbusti sono presenti in quantità maggiore e presentano un carattere più xerotollerante che nelle formazioni mesofile: la minore densità del soprassuolo arboreo consente la presenza di diversi arbusti: il ginepro, il citiso, i biancospini, il prugnolo, la rosa canina, la vescicaria, l'emero, il corniolo e la sanguinella,

la lantana, l'asparago, il tamaro, il caprifoglio; nelle zone maggiormente degradate ed aride compare la ginestra odorosa.

Tra le specie erbacee: il camedrio, alcune inule, il veccione, il garofano a mazzetti, il dittamo (specie protetta), diverse graminacee tra le quali il brachipodio e il bromo.

Formazioni con prevalenza di cerro e roverella

Costituiscono la fascia di transizione tra le due compagini tipo. Questa fascia può essere di dimensioni più o meno vaste a seconda della morfologia dei luoghi. Le caratteristiche sono quelle, sovrapposte, delle due formazioni principali, col prevalere di una o dell'altra a seconda delle zone.

Formazioni con prevalenza di carpino nero

Il bosco di carpino nero rappresenta una delle più diffuse forme di adattamento della vegetazione forestale alle difficili condizioni offerte dai versanti ripidi.

Nelle falde di detrito e nei versanti rocciosi umidi (esposti a nord) al piede del Castello di Borzano e del Monte Lunetta-Monte Gesso, il carpino nero forma boschi piuttosto rigogliosi con sottobosco di nocciolo, sambuco, corniolo, maggiociondolo, edera, felci, ciclamino, coridalo, epatica, primula, mercurialis, sigillo di Salomone, lonicere (foto 4).

Passando a suoli più compatti, con esposizione est-ovest, o meno inclinati, al carpino si associano l'acero minore e campestre, i sorbi, la roverella o il cerro.

Le compagini boschive di carpino nero sono talvolta interrotte da nuclei antropogeni di castagneto.

Bosco senza prevalenza di specie

Con questa dicitura si sono compresi: boschi derivanti da cespuglieti arborati, boschi con nuclei di castagneto, boschi lungo fossi non riconducibili propriamente a formazioni riparie e boschi in situazioni stazionali intermedie o particolari, costituiti da diverse specie arboree.

Il castagneto è stato diffuso nei boschi tra Casa Speranza e Monte Lunetta, sostituendo a tratti la formazione originale di carpino bianco e cerro-carpino bianco. Questi castagneti sono governati a ceduo e si presentano riconquistati in misura diversa, per la mancanza delle necessarie

cure colturali, dalle specie che costituivano il bosco spontaneo preesistente (foto 5).

I boschi misti derivanti da cespuglieti ospitano diverse specie arboree colonizzatrici, insieme alle specie definitive. Vi si osservano: pioppi, olmo, carpino, orniello, acero campestre, ciliegio, tiglio e querce.

Formazioni miste riparie

Si tratta di formazioni caratterizzate da pioppi, salici e farnia con ontano nero, nella parte alta del bacino, con robinia più o meno invadente nella zona dell'alta pianura. Altri alberi presenti sono: l'acero campestre, il ciliegio, il noce, l'olmo campestre, il gelso e l'orniello.

In queste siepi riparie è presente un ricco sottobosco, favorito dalle particolari condizioni microclimatiche che vi si instaurano (effetto "marginale"). Tra gli arbusti troviamo: il sambuco, la sanguinella, il ligustro, il prugnolo, i biancospini, la fusaggine, il tamaro, i rovi, l'edera, il nocciolo, la vitalba, diverse lonicere e piante di olmo ed acero con portamento cespuglioso.

Le specie erbacee sono rappresentate da: ortica, romice, polmonaria, vince tossico, elleboro, asaro, edera terrestre, galium sp. ed avena sterile.

Impianti artificiali (rimboschimenti, parchi)

Rimboschimenti artificiali di conifere sono confinati entro modeste aree; specie prevalentemente utilizzata è il pino strobo. Altre conifere sono state diffuse con dubbia funzione estetica nei parchi di ville di campagna. Il crinale compreso tra Ca' del Vento e Casa Mataiano vede la presenza, come alberatura stradale, di cipressi e pino nero.

Per quanto riguarda le latifoglie sono da segnalare alcuni modesti impianti per la produzione di legname di noce. Da segnalare alcune specie vegetali inserite ai margini di coltivi e attorno a case coloniche o chiese, tra cui l'olivo, il mandorlo, il cotogno, il melograno, il leccio, la sughera, il corbezzolo.

Cespuglieti di ginepro con roverella

Sono formazioni molto degradate per cause diverse, in cui la presenza di specie arboree è

limitata. Sono caratteristici di questi cespuglieti un tappeto erbaceo continuo di brachipodio, quantità relativamente elevate di arbusti xerofili ed eliofili, pochi e sparsi esemplari di rovello con portamento basso e contorto.

Tra gli arbusti il più presente è il ginepro, seguono il citiso, la rosa canina, il prugnolo, il biancospino, l'asparago e nelle zone più aride compare la ginestra odorosa.

Queste compagini rade del bosco di rovello sono, in alcuni casi, frutto prevalente della degradazione di origine antropica, in altri sono stadi durevoli al cui blocco dinamico contribuisce, oltre alla citata azione di disturbo antropico, l'assetto pedoclimatico.

Cespuglieti o arbusteti

Queste compagini, che sotto l'aspetto fisionomico sono praterie con brachipodio ed arbusti, occupano situazioni con origine molto diversa, potendo essere indifferentemente il risultato di:

- una fase regressiva derivata da intense utilizzazioni del bosco;

- effetto di dissesto indotto da frane o erosioni superficiali causate da eccessiva profondità di aratura e mancata manutenzione dei fossi agricoli;

- uno stadio evolutivo di colonizzazione dei margini dei boschi, di radure e dei coltivi abbandonati che porterà, se indisturbato, alla ricostituzione della foresta.

Nei cespuglieti più xerofili e nei terreni a profilo decapitato è presente la ginestra odorosa, in quelli meno xerofili troviamo il citiso e il ginepro, la rosa canina, il prugnolo, il biancospino, il rovo (foto 6).

La colonizzazione dei coltivi inizia con l'espandersi di cotiche erbose di brachipodio. A seconda della situazione pedoclimatica l'evoluzione proseguirà attraverso le varie fasi del cespuglieto sino ad arrivare, lentamente, al bosco che costituisce la fase climax in quella zona. Formazioni particolari sono presenti in pendici esposte a sud e su rocce affioranti. La gariga ad elicriso ed artemisia (strada per il Castello di Borzano) è un popolamento xerofilo che ospita piante di piccola taglia, aromatiche e spesso legnose (piccoli arbusti ed erbe



Foto 4 - formazione a prevalenza di carpino nero vegetante sulle ripide falde di detrito del versante nord della rupe del Castello di Borzano (foto M. Chiesi)



Foto 5 - ceduo abbandonato a prevalenza di castagno nei versanti freschi (valli cieche) a nord di Ca' Speranza (foto M. Chiesi)

Foto 6 - cespuglietto xerofilo dei calanchi nei pressi de La Scaparra; sullo sfondo il crinale dell'abitato di Poiano, con vegetazione antropica a cipresso e pino nero (foto M. Chiesi)



lignificate alla base). Insieme all'elicriso ed all'artemisia sono presenti la fumana, la steelina, il teucro montano, il bromo, il falasco, il timo e la globularia.

Sulle rupi gessose, dove spesso affiora il substrato roccioso, vi sono popolamenti vegetali dominati dal *Sedum album* (borracina bianca o erba pignola), una Crassulacea che sopporta l'ambiente particolarmente selettivo caratterizzato da forti escursioni termiche, con punte di caldo elevatissime, e conseguente spiccata e prolungata aridità. Con l'erba pignola sono presenti il geranio molle, l'erodium, l'avena sterile, il papavero, la salvastrella e la potentilla.

Cespuglieti arborati

Le specie arboree si inseriscono nei cespuglieti avvalendosi del miglioramento del substrato e della protezione offerta dagli arbusti. Un albero molto attivo in tal senso è l'olmo campestre che, insieme alla roverella e all'orniello, si inserisce nelle pendici più calde.

Nelle aree esposte a nord nei cespuglieti penetrano, assieme all'olmo, il ciliegio, i pioppi, il carpino nero, l'acero campestre. Queste formazioni caratterizzate da specie che producono semi volatili, con crescita iniziale rapida (sotto questo aspetto, quindi, particolarmente

esposti al rischio della diffusione di robinia), preparano ulteriormente il terreno ed il microclima a favore delle specie climax. La fase climax si costituirà, attraverso stadi intermedi (sere), molto lentamente, ma con un processo spontaneo che porterà ad un tipo di bosco naturale oggi sconosciuto.

Visti in prospettiva, i cespuglieti e i cespuglieti arborati, sono consorzi vegetali molto interessanti sotto l'aspetto dinamico-evolutivo e non sarebbe azzardato proporli come motivo di studi più approfonditi.

Coltivi, terreni nudi, aree urbanizzate

Nella fascia collinare sono diffuse le coltivazioni di foraggere e, in misura inferiore, di cereali. Una certa diffusione presenta ancora la coltivazione della vite, non più maritata a tutori vivi (la piantata). I terreni nudi sono rappresentati da calanchi, piccole frane o smottamenti, aree urbanizzate e strade.

Le emergenze botaniche

Vengono considerate quali emergenze botaniche specie particolarmente rare sia in senso assoluto, quali *Loroglossum hircinum* e *Orchis la-*

xiflora, sia limitatamente alla zona presa in esame (il bacino del Rodano) come *Malus florentina* e *Allium pendulinum* (specie tipicamente mediterranee), o ancora per la loro abbondanza in loco, caratterizzante l'ambiente stesso con abbondanti e spettacolari fioriture come quelle di bucaneve, crocus, peonia, narciso, ciclamino.

alberi

1. *Laburnum anagyroides*
2. *Fraxinus excelsior*
3. *Olea europaea*
4. *Tilia cordata*

arbusti

5. *Cotinus coggygria*
6. *Capparis spinosa*
7. *Loranthus europaeus*

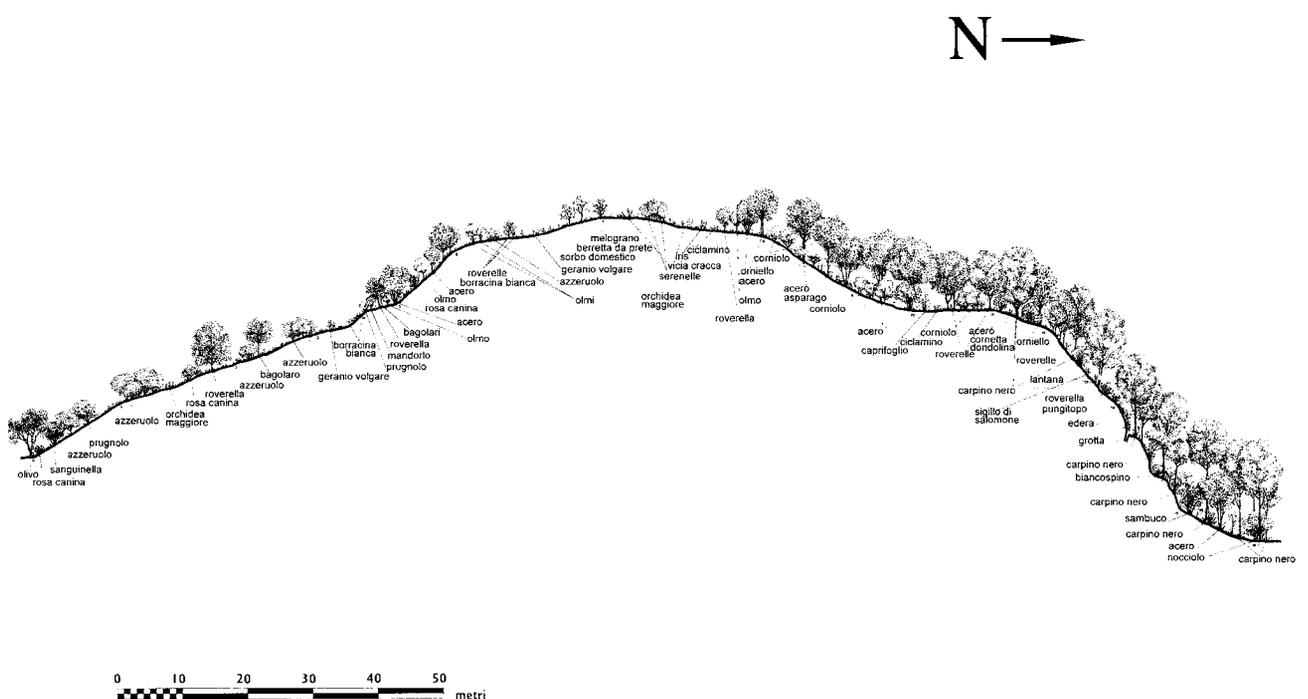
erbacee

8. *Allium pendulinum*
9. *Asparagus acutifolius*
10. *Consolida ajacis*
11. *Cyclamen hederifolium*
12. *Crocus biflorus*
13. *Crocus etruscus*
14. *Galanthus nivalis*
15. *Linum strictum*
16. *Loroglossum hircinum*
17. *Narcissus poeticus*
18. *Orchis coriofora* Ssp. *fragrans*
19. *Orchis laxiflora*
20. *Orchis mascula*
21. *Orchis ustulata*
22. *Paeonia officinalis*
23. *Tulipa oculus-solis*
24. *Veratrum nigrum*

Transetto strutturale rupe gessosa del Castello di Borzano

Sezione caratterizzata da due versanti di una stessa rupe gessosa, assai differenziati: uno fresco e ombreggiato, rivolto verso nord, con vegetazione tipicamente mesofila; l'altro arido e assolato rivolto a sud, caratterizzato da vegetazione tipicamente xerofila.

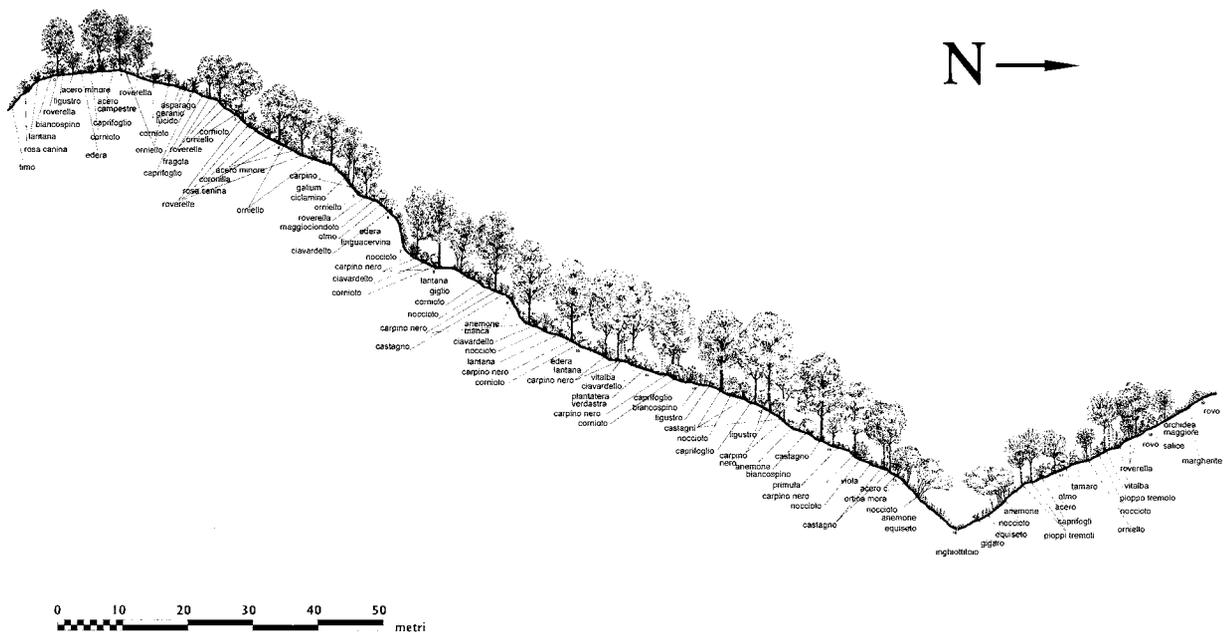
La porzione rivolta a nord è occupata da un rigoglioso bosco dominato da carpino nero mentre, quella rivolta a sud, è caratterizzata da vegetazione di coltivi abbandonati, con frequenti alberi da frutto tipicamente mediterranei (olivo, mandorlo, melograno, azzeruolo) e porzioni di roccia nuda su cui vegetano *Sedum album*, *Capparis spinosa*, *Asparagus acutifolius*.



Transetto strutturale versante settentrionale e dolina di M. del Gesso

L'esposizione a nord di questo versante, unitamente alla notevole dissoluzione carsica della roccia disposta in dolce pendio, ha consentito il formarsi di un suolo di notevole spessore che va accumulandosi al fondo di una vasta e profonda dolina (l'inghiottitoio è costantemente interrato). Il bosco ospita una vegetazione rigogliosa e varia, con sottobosco ricco di specie er-

bacee notevoli tra le quali spicca una colonia numerosa di giglio martagone. L'ambiente doliniforme, seppure di dimensioni inferiori rispetto ad altre doline e valli cieche della zona, favorisce l'instaurarsi di condizioni microclimatiche particolari, note come fenomeno di "inversione del rilievo": l'aria fresca, più pesante, viene catturata dalla conca carsica e, stratificandosi, apporta condizioni di temperatura e umidità al suolo riconducibili a zone climatiche di altitudine più elevata. Tra le essenze arboree, infatti, spicca l'introduzione antropica del castagno.



Evoluzione della copertura e uso del suolo nel periodo 1933-99

L'analisi dell'evoluzione della copertura arborea e dell'uso del suolo è resa possibile confrontando il rilievo dello stato attuale con la cartografia I.G.M.I. redatta nel 1933 (Tavola - 86 - IV N.E. Scandiano, in scala 1:25.000). Da quel rilievo disponiamo legenda solamente per: bosco (senza distinzione strutturale), vigneto arborato (la piantata), coltivi (seminativo e prato stabile).

Pur non consentendo una definizione strutturale dei tipi di vegetazione presenti nell'area di studio, l'analisi comparativa, quantitativa,

della evoluzione nella copertura del suolo permette di evidenziare come nel periodo storico analizzato la trasformazione più evidente e consistente sia da attribuire alla pressoché totale scomparsa dal paesaggio della antica sistemazione a piantata (vite maritata all'olmo o, più diffuso in zona collinare, all'acero campestre) (Fig. 2). Questo particolare tipo di sistemazione agraria consentiva la contemporanea coltivazione della vite con il prato stabile e piccole porzioni a seminativo, in dipendenza della minore o maggiore acclività del versante, conferendogli grazie alla presenza degli alberi una maggiore stabilità agli scivolamenti del suolo argilloso (foto 7).

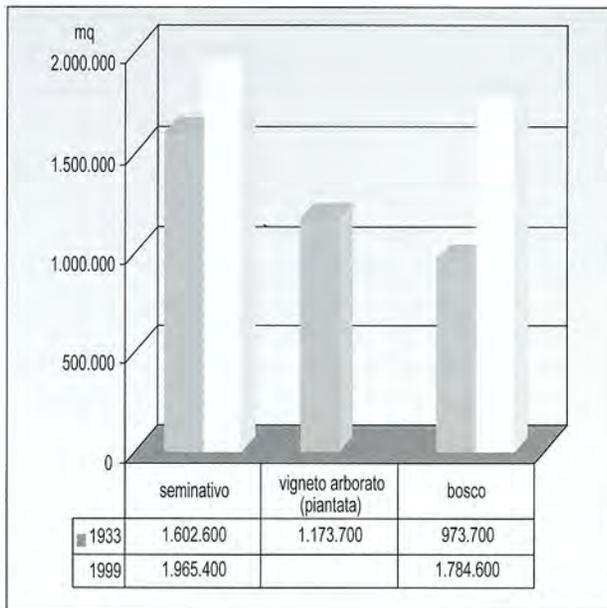


Fig. 2 - evoluzione dell'uso e della copertura del suolo nell'area di studio nel periodo 1933/1999

Non ci dilungheremo sulle cause di questa trasformazione, prevalentemente indotta dalla meccanizzazione agricola e dalla conseguente trasformazione del tipo di conduzione dei fondi, quanto piuttosto nell'analisi della sorte di questa storica sistemazione agraria che nel 1933 assommava quasi ad un terzo (31%) della superficie totale analizzata.

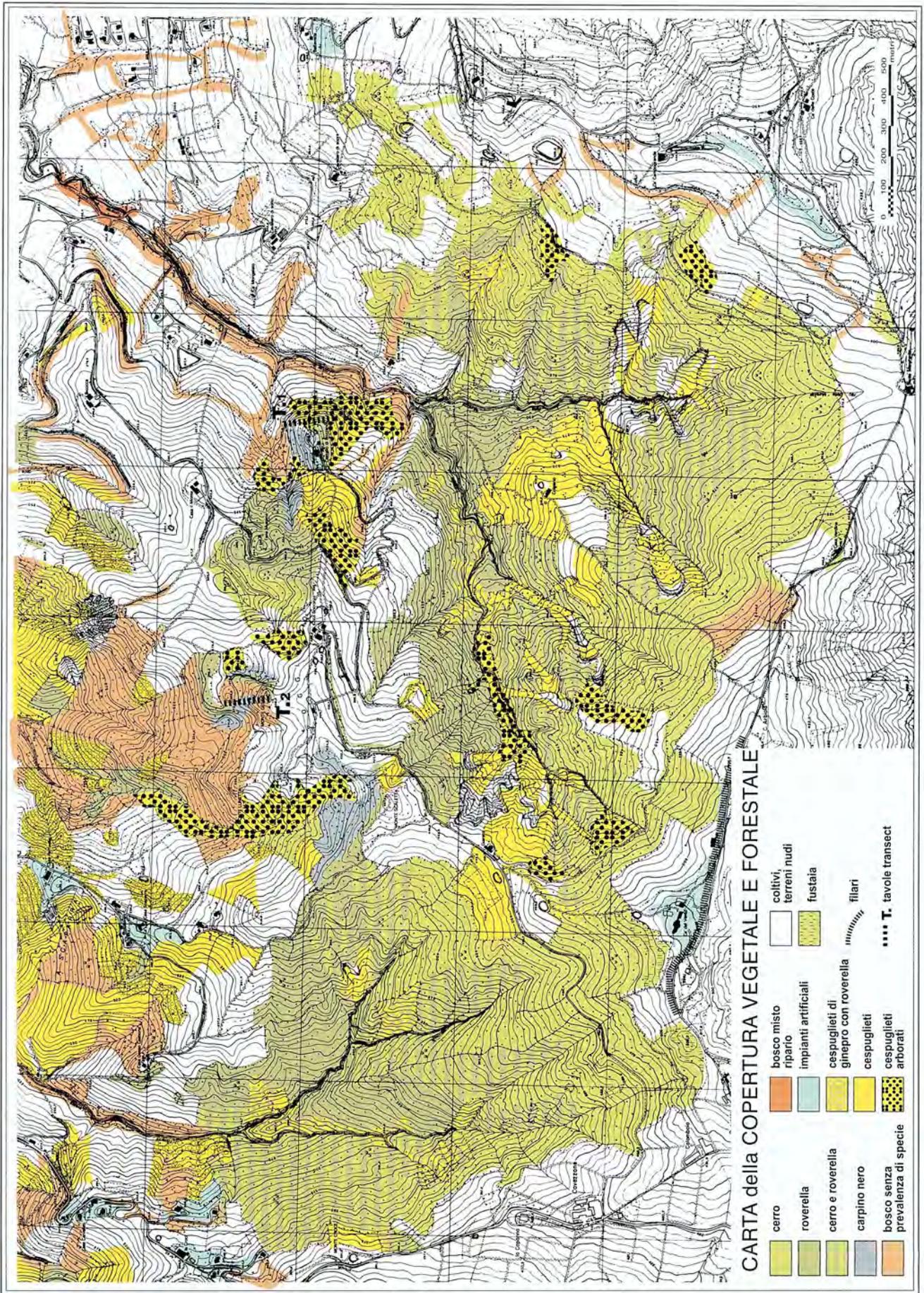
Confrontando i dati storici con lo stato di fatto dell'uso del suolo, si deduce che la superficie a piantata è stata sostituita prevalentemente (69%) dal bosco e solo in parte da coltivi (seminativi in rotazione) (Fig. 3).

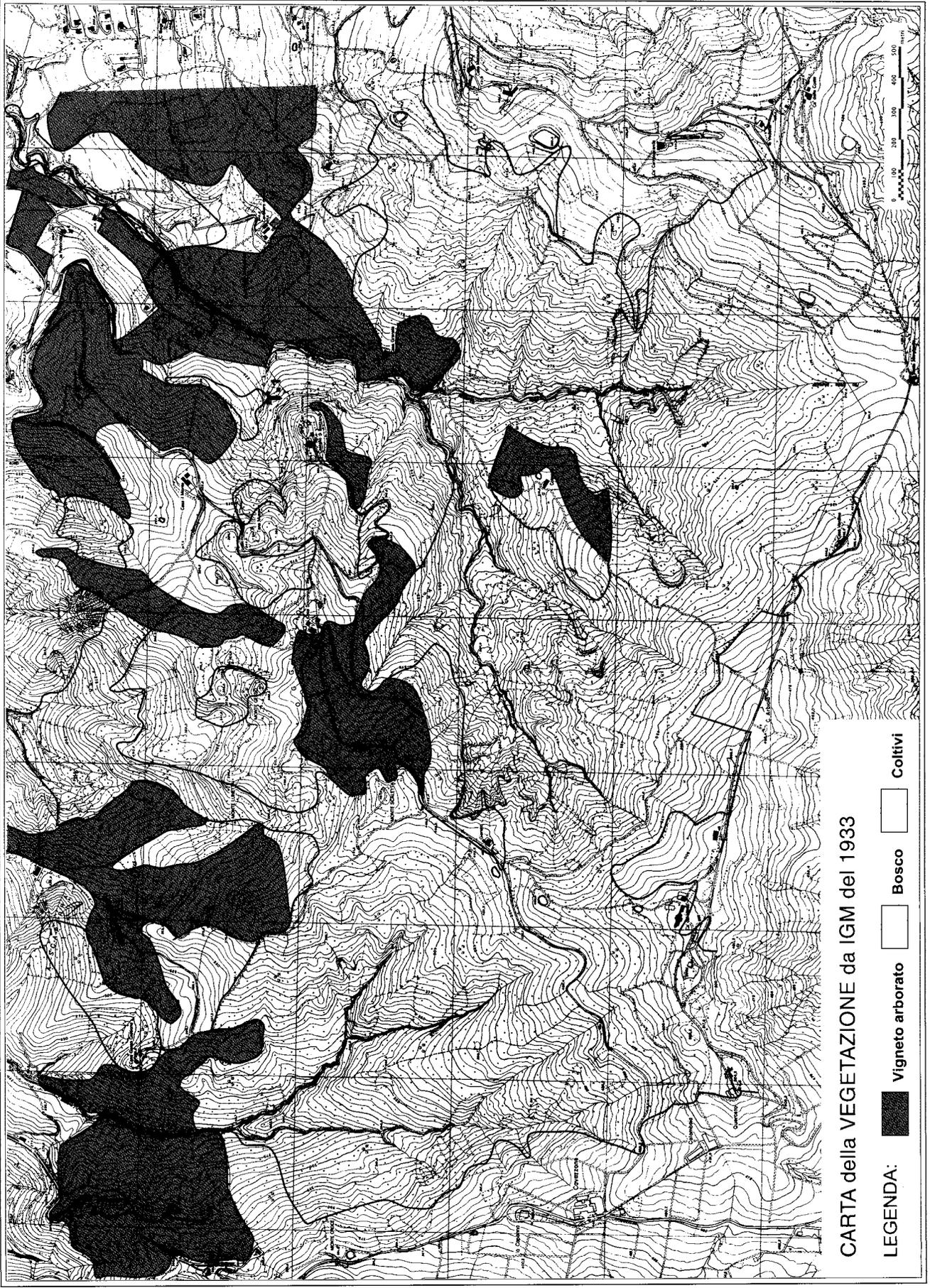
Ciò ha determinato, nel periodo analizzato, come la superficie coltivabile di questa area sia nel complesso diminuita dal 74% al 52% del totale, in favore della copertura boscata incrementatasi dai 97.37 Ha del 1933 sino ai 178.46 Ha attuali (Fig. 4).

L'analisi cartografica di queste trasformazioni conferma una fase dinamica espansiva dei boschi in dipendenza delle possibilità di meccanizzazione agricola: il bosco si espande nei terreni di maggiore acclività, tendendo ad occupare gli ex-coltivi di minore spessore (difficoltà di manovra dei mezzi agricoli).



Foto 7 - panoramica della valle del Rio Groppo: questa immagine, scattata nella primavera del 1987, mostra il relitto di una estesa sistemazione a vigneto erborato (piantata) definitivamente distrutta alla fine degli anni '90. Notevole, e viceversa ben conservato, è il consistente e vecchio impianto artificiale a cipresso sul crinale della Scaparra nei pressi di Casa Raffaella (foto M. Chiesi)





CARTA della VEGETAZIONE da IGM del 1933

LEGENDA:  Vigneto arborato  Bosco  Coltivi

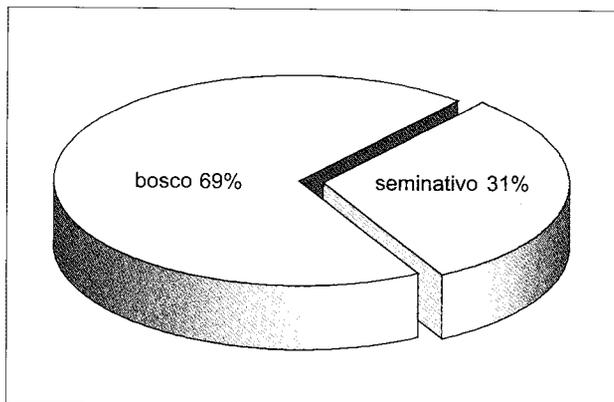


Fig. 3 - classi di trasformazione del vigneto erborato nell'area di studio nel periodo 1933/1999

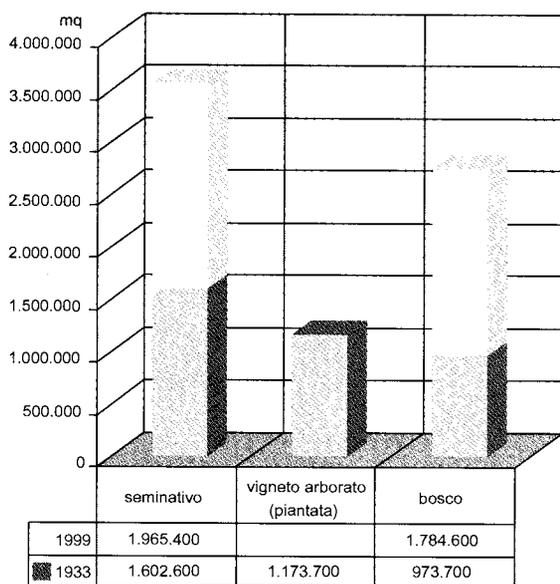


Fig. 4 - superficie coltivabile nell'area di studio, rapporto raffrontato nel periodo 1933/1999

Conclusioni

L'area dell'alto bacino del torrente Lodola conserva caratteri di elevata naturalità con elementi di particolare interesse fitogeografico, grazie in particolare alla peculiare disposizione dei versanti su di un substrato, quello gessoso, particolarmente selettivo. Conseguentemente eleva-

to è il grado di biodiversità della vegetazione. L'analisi della trasformazione dell'uso del suolo avvenuta nel XX secolo, conferma una tendenziale diminuzione delle aree coltivabili in favore dell'avanzata del bosco ma registra anche l'irreversibile cancellazione dal paesaggio dei segni tradizionali della sistemazione e conduzione agricola di questi luoghi: la piantata di vite. L'istituzione di una Riserva Naturale a protezione di questi splendidi paesaggi collinari, andrebbe finalizzata a coordinare il governo dei boschi, favorendone la conversione in fustaie, ed in particolare alla reintroduzione delle antiche coltivazioni di vite, nelle gloriose varietà locali, ricostituendo quel paesaggio arborato che lo ha contraddistinto per secoli. Ciò promuoverebbe in questa area la riconversione verso una agricoltura tradizionalmente vocata per produzioni di nicchia, ad alta qualità.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento al Dott. Alessandro Alessandrini per la cortese revisione del testo.

Bibliografia essenziale

- ALESSANDRINI A. & BRANCHETTI G., 1997: Flora Reggiana. Cierre edizioni, Verona 1997, pp. 312
- CASALI C., 1899: La Flora del reggiano. Tip. E. Pergola, Avellino, 1899, pp. 186
- CHIESI M. & CILLONI S., 1988: La lettura del paesaggio carsico: la provincia di Reggio Emilia, in: Guida alla Speleologia del Reggiano, Tecnograf Reggio Emilia, 1988, 13-19
- PASQUINI D., 1944: La vegetazione dei gessi reggiani, Atti Soc. Nat. e Mat. Modena, 75, 1944, 264-282
- STUDIO CONSULENZA AMBIENTALE, 1990: Analisi delle componenti ambientali del bacino del T. Rodano. Comune di Reggio Emilia, Ass. Ambiente, inedito

IL SISTEMA CARSIKO SPERANZA-MUSSINA (Borzano di Albinea – Reggio Emilia), CENNI GEOLOGICI

Marco Capitani¹

Riassunto

Il Sistema Carsico Speranza-Mussina si è sviluppato entro la Formazione Gessoso-Solfifera del Messiniano. Questa affiora lungo il margine appenninico, soprattutto nelle province di Reggio Emilia e di Bologna, in Romagna e nelle Marche.

Le evaporiti della Gessoso-Solfifera si sarebbero formate durante il Messiniano, in coincidenza di un periodo della storia geologica caratterizzato da condizioni di forte evaporazione, non bilanciate dalle precipitazioni meteoriche e/o dagli apporti idrici fluviali, che avrebbero interessato per lo meno tutto il bacino Mediterraneo.

Nella Provincia di Reggio Emilia, le evaporiti messiniane affiorano, dal punto di vista strutturale, lungo un doppio fascio di faglie inverse, ad alto angolo e a direzione appenninica, noto in letteratura come Linea dei Gessi. I movimenti lungo tali strutture avrebbero comportato la sovrapposizione geometrica dei terreni pre-messiniani (soprattutto le unità liguri cretacee) sulle evaporiti messiniane, a loro volta sovrapposte tettonicamente ai terreni pliocenici.

Parole chiave: Geologia, Tettonica, Carsismo in Gesso, Emilia.

Abstract

The Speranza-Mussina karst system developed in evaporites belonging to the "Gessoso-Solfifera Formation". The unit outcrops on the Po Plain side of the Northern Apennines mountain chain, principally in the Provinces of Reggio Emilia and Bologna, and in the Romagna and Marche Regions.

The "Gessoso-Solfifera Formation" deposited in the Mediterranean Basin during the Messinian Age: a period characterized by general dry climatic conditions, not balanced by meteoric precipitations or by water incoming by rivers.

In the Province of Reggio Emilia, the unit crops along a double faults system named "Linea dei Ges-

si". This is made by two sets of almost parallel inverse faults, dipping southward at high angle and trending NW-SE. Movements along these structures caused the geometric superimposition of pre-Messinian sheets (made mainly of Ligurian Units) on the evaporites that, in turn, overthrust the Pliocene Units.

Keywords: Geology, Tectonic, Gypsum karst, Emilia.

L'unità evaporitica all'interno della quale si è impostato il Sistema Carsico Speranza-Mussina s'inserisce nel contesto geologico-strutturale dell'Appennino Settentrionale. Questo può essere descritto come una catena montuosa formata in seguito alla chiusura di un bacino oceanico, la Tetide, ed alla successiva collisione di due zolle continentali, quella africana (o meglio una sua porzione detta Adria: conside-

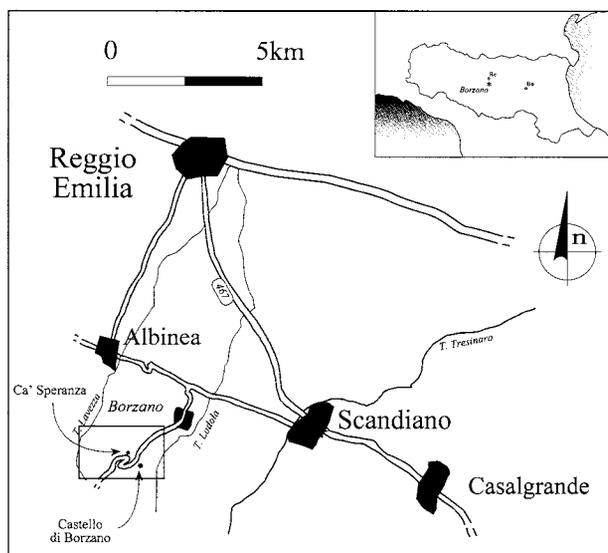


Fig. 1 - localizzazione dell'area di studio

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Modena

rata come una microzolla a se stante da alcuni modelli geologici) e quella europea.

A causa di questo fenomeno, le originarie successioni sedimentarie, depostesi sui fondali marini, furono soggette ad una lunga serie di processi deformativi che comportarono la formazione di grandi unità tettoniche (falde) che andarono ad impilarsi le une sulle altre a formare, dapprima, un prisma d'accrezione (PRINCIPI & TREVES, 1984, TREVES, 1984) (formato da falde costituite dalle successioni sedimentarie oceaniche), successivamente alla collisione continentale, un cuneo orogenetico nella cui struttura fu coinvolto il prisma d'accrezione originario.

Il cuneo orogenetico appenninico è formato da diverse falde tettoniche impilate le une sulle altre. Semplificando, si può riconoscere una sequenza geometrica, dall'alto verso il basso, con le unità liguri (o Liguridi che formavano in origine il prisma d'accrezione) accavallate sulle unità Subliguri a loro volta sovrastanti le unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole (AA.VV., 1992 cum bibl.; AA.VV., 1994 cum bibl.).

Queste falde tettoniche sono formate da successioni sedimentarie (non sempre ricostruibili a causa delle deformazioni subite) depostesi in domini paleogeografici distinti, caratterizzati da diverse condizioni ambientali (di profondità del bacino, di litologia del substrato sottomarino, di ambiente, di apporti sedimentari, etc.) (AA.VV., 1992; 1994).

I processi geodinamici che portarono alla formazione del cuneo orogenetico appenninico durarono molte decine di milioni d'anni e avvennero per gran parte in ambiente subacqueo. Per tale motivo, le unità geometricamente superiori costituiscono un fondale sottomarino sul quale la sedimentazione proseguì, contemporaneamente alle traslazioni ed alle deformazioni tettoniche, con la deposizione della Successione Epiligure.

Le superfici che separano le diverse unità tettoniche rappresentano quindi dei piani di accavallamento, lungo le quali si sono avute traslazioni relative, anche di diverse decine di chilometri, di grandi masse rocciose. Queste superfici di movimento, nell'Appennino Settentrionale, presentano un andamento grossomodo diretto NO-SE con inclinazione verso i quadranti meridionali (AA.VV., 1982) e possono essere descritte come accavallamenti (*thrust*) e faglie inverse.

L'enucleazione di tali strutture, legate alle compressioni (determinate dal progressivo avvicinamento delle placche africana ed europea), è proseguita nel tempo, a fasi alterne, fino a tempi geologicamente recenti, come testimoniato dall'età plio-pleistocenica delle strutture geolo-

giche riconosciute al margine appenninico padano e nel sottosuolo dell'antistante pianura (PIERI & GROPPi, 1981; CASTELLARIN *et alii*, 1985; GASPERI *et alii*, 1986). Da questo punto di vista è stato messo in evidenza che il fronte della catena appenninica viene a collocarsi ben oltre il margine collinare affiorante, fino ad arrivare localmente in aree prospicienti l'attuale posizione del fiume Po (ad esempio con le Pieghe Ferraresi: PIERI & GROPPi, 1981). In tempi geologici relativamente recenti nei settori più meridionali dell'Appennino Settentrionale (grossomodo a sud del crinale principale) si sarebbe instaurato un regime deformativo di tipo estensivo, che avrebbe causato l'apertura dei bacini pleistocenici toscani e sarebbe inoltre da collegare con l'apertura del bacino tirrenico (AA.VV., 1992 cum bibl.; AA.VV., 1994 cum bibl.).

Le evaporiti entro le quali si è sviluppato il Sistema Carsico Speranza-Mussina sono ascrivibili alla così detta formazione "gessoso-solfifera" del Messiniano (DALLAN NARDI & NARDI, 1972).

Si tratta di un'unità litostratigrafica che, nell'Appennino Settentrionale, affiora principalmente nelle province di Reggio Emilia, Bologna, in Romagna e nelle Marche (DALLAN NARDI & NARDI, 1972; ZANZUCCHI, 1980; VAI & RICCI LUCCHI, 1978; IACCARINO & PAPANI, 1980; CONTI, 1989), con affioramenti segnalati anche in altre aree dell'Emilia (IACCARINO & PAPANI, 1980; ZANZUCCHI, 1980; GASPERI *et alii*, 1989) e individuazione anche nei sondaggi per ricerche di idrocarburi (AA.VV., 1980; PIERI & GROPPi, 1981). La Formazione Gessoso-Solfifera è comunque correlabile con numerose altre unità evaporitiche riconosciute pressoché in tutto il Mediterraneo a testimonianza di un evento di crisi di salinità che avrebbe interessato, durante il Messiniano, l'intera area del bacino (IACCARINO & PAPANI, 1980 cum bibl.). In effetti, date le caratteristiche litologiche della Formazione "Gessoso-Solfifera", descrivibile come unità formata da evaporiti (gessi) alternate a marne ed argilliti, essa può essere interpretata come la testimonianza dell'esistenza di un bacino marino di acque basse (o di una laguna a salinità elevata), con apporti fluviali limitati o comunque insufficienti a compensare l'evaporazione, in condizioni climatiche tendenzialmente aride. L'esistenza poi di una discordanza angolare tra i terreni evaporitici e i sedimenti riferibili alla così detta *formazione clastica continentale* (IACCARINO & PAPANI, 1980), sarebbe indicatrice di un evento tettonico inframessiniano di sollevamento seguito da una successiva trasgressione.



Foto 1 – versante sud-est della rupe del Castello di Borzano di Albinea, ove si notano contatti tettonici tra (da destra a sinistra) gessi (Messiniano inf.– Miocene) e unità liguri cretacee.

In effetti, la *formazione clastica continentale* presenta quasi ovunque, nel reggiano, le caratteristiche di sequenza positiva (conglomerati passanti verso l'alto a sabbie a loro volta passanti ad argille), anche se vi sono opinioni discordanti al riguardo. Ad esempio, secondo Iaccarino & Papani (1980) la tendenza trasgressiva indicata dalle facies riconoscibili entro i sedimenti della *formazione clastica continentale* si invertirebbe verso il tetto dell'unità, con eventuale emersione prima dell'importante trasgressione pliocenica. Bonazzi & Parea (1998) riconoscono invece le evidenze di una generale sommersione progressiva del margine appenninico, dalla fine della deposizione evaporitica all'inizio della deposizione della Formazione delle Argille Azzurre, che segna l'instaurarsi di condizioni francamente marine.

Nell'Appennino reggiano la Formazione Gessoso-Solfifera affiora all'estremità orientale di una fascia ad andamento ONO-ESE, larga da 100 a 600 m, limitata a S e a N da un allineamento di strutture tettoniche fragili note con il nome di Linea dei Gessi (PAPANI, 1971) e, più in particolare, Linea dei Gessi 1, a sud, e Linea dei Gessi 2, a nord (BERNINI *et alii*, 1979; IACCARINO & PAPANI, 1980). Queste sono date

da fasci di faglie, per lo più inverse, ad alto angolo, talora subverticali, che limitano la base ed il tetto dell'unità evaporitica, portando, a sud, le unità liguridi ad accavallarsi al di sopra della Gessoso-Solfifera (IACCARINO & PAPANI, 1980). Questa giacitura, che ha comportato spesso la verticalizzazione dei sedimenti evaporitici, mostra ancora una volta come le deformazioni e le traslazioni, che hanno dato luogo all'impilamento di falde tettoniche che costituiscono l'ossatura dell'Appennino Settentrionale, si siano attuate fino a tempi molto recenti e che, probabilmente, sono ancora in atto nel sottosuolo della Pianura Padana.

In tali considerazioni trova giustificazione il fatto che la Formazione Gessoso-Solfifera non affiori in maniera continua lungo tutto il margine appenninico padano. Essa, spesso, risulta essere stata sovrascorsa da altre unità, nella fattispecie, nella zona qui considerata, dalle unità liguri (IACCARINO & PAPANI, 1980; ZANZUCCHI, 1980) (Foto 1).

Si ringraziano i Proff. G. Bettelli e U. Bonazzi per i suggerimenti utili al miglioramento del contenuto del testo e della bibliografia.

Bibliografia

- AA.VV., 1980 – Sezioni Geologico Strutturali in scala 1:200.000 attraverso l'Appennino Settentrionale. C.N.R. Prog. Finaliz. Geodinamica, Sottoprogetto 5 – Modello Strutturale, Gruppo Appennino settentrionale, Pubbl. n. 320.
- AA.VV., 1982 – Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale. C.N.R. Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 429.
- AA.VV., 1992 – Appennino Tosco-Emiliano. In: Bertolotti V. (ed.) Guide Geologiche regionali n. 3, BE-MA editrice, pp. 334.
- AA.VV., 1994 – Appennino Ligure-Emiliano. In: Zanzucchi G. (ed.) Guide Geologiche regionali n. 6, BE-MA editrice, pp. 388.
- BONAZZI U. & PAREA G.C., 1998 – Considerazioni sedimentologiche sul Messiniano post-evaporitico del pedeappennino reggiano. *Giornale di Geologia*, 60, 13-14.
- CASTELLARIN A., EVA C., GIGLIA G., & VAI G.B. (con contributo di Rabbi E., Pini G.A. & Crestana G.), 1985 – Analisi strutturale del fronte appenninico padano. *Giornale di Geologia*, Ser. 3, n. 47, 47-76.
- IACCARINO S. & PAPANI G., 1980 – Il messiniano dell'Appennino Settentrionale dalla Val d'Arda alla Val Secchia: stratigrafia e rapporti con il substrato e il Pliocene. In: AA.VV. "Volume dedicato a S. Venzo". Ed STEP, Parma, 15-46.
- BERNINI M., CLERICI A., PAPANI G., SGAVETTI M. & TELLINI C., 1979 – Prime considerazioni riassuntive sull'area appenninica dal F. Secchia al T. Nure. C.N.R. Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 251, 431-438.
- DALLAN NARDI L. & NARDI R., 1972 – Schema stratigrafico e strutturale dell'Appennino Settentrionale. *Mem. Ac. Lunig. Sc.* 42, 1-212.
- GASPERI G., GELATI R. & PAPANI G., 1986 – Neogenic evolution of the Northern Apennines on the Po Valley. *Giornale di Geologia*, 48, 187-195.
- GASPERI G., CREMASCHI M., MANTOVANI UGUZZONI M.P., CARDARELLI A., CATTANI M. & LABATE D., 1989 – Evoluzione plio-quadernaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla carta geologica. *Mem. Soc. Geol. It.*, 39 (1987), 375-432.
- PIERI M. & GROPPI G., 1981 – Subsurface geological structures of the Po Plain, Italy. C.N.R. Prog. Finalizz.. Geodinamica Pubbl. n. 414.
- PAPANI G., 1971 – Geologia della struttura di Viano (Reggio Emilia). *Mem. Soc. Geol. It.*, 10, 121-165.
- PRINCIPI G. & TREVES B., 1984 – Il sistema Corso-Appenninico come prisma d'accrezione. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 549-576.
- TREVES B., 1984 – Orogenic belts as accretionary prism: the example of the Northern Apennines. *Ofioliti*, 9/3, 577-618.
- VAI G.B. & RICCI LUCCHI F., 1978 – The Vena del Gesso in Northern Apennines: growth and mechanical break-down of gypsified algal crusts. *Mem. Soc. Geol. It.*, 16, 217-249.
- ZANZUCCHI G., 1980 – I lineamenti geologici dell'Appennino parmense. Note illustrative alla carta e alle sezioni geologiche della Provincia di Parma e zone limitrofe (1:100.000). In: AA.VV. "Volume dedicato a S. Venzo" Ed. STEP, 201-233.

PETROGRAFIA DELLA ZONA CARSIKA DI BORZANO E DELLE AREE LIMITROFE (Com. Albinea - Prov. Reggio Emilia)

Massimo Barbieri ^{1,2}, Antonio Rossi ^{1,3}

Riassunto

Vengono presentati i risultati di una indagine a carattere mineralogico e petrografico condotta sulle rocce evaporitiche messiniane, affioranti nell'area carsica di Borzano di Albinea (Reggio Emilia), e sui litotipi pre- e post-evaporitici ad esse limitrofi. Le informazioni raccolte sono state di base per una approfondita indagine morfometrica e morfoscopica (BARBIERI M. & ROSSI A., 2001) condotta sui depositi fisici presenti all'interno di una delle più importanti cavità che si aprono in questa zona: la Tana della Mussina di Borzano (ER-RE2) che costituisce il collettore terminale del sistema carsico Speranza-Mussina.

Parole chiave: mineralogia, petrografia, evaporiti, rocce clastiche

Abstract

The results of a mineralogical and petrographical investigation devoted to messinian evaporitic rocks cropping out in the karst area of Borzano di Albinea (Reggio Emilia - Northern Apennines - Italy) and to the rock pre- and post-evaporitic near them will be shown in this article. The collected informations will be the basis for a detailed morphometrical and morphoscopical research carried out on physical deposits coming from one of the most important caves of this area: the Tana della Mussina di Borzano (ER-RE2).

Key Words: mineralogy, petrography, evaporitic and clastic rocks

Premessa

L'area indagata, compresa fra i torrenti Loldola e Lavezza, affluenti del torrente Rodano (Fig. 1), corrisponde ad una fascia allungata di territorio, a sviluppo Est-Ovest, la cui parte centrale è costituita da un tratto della principale lente gessosa di età messiniana che affiora nella provincia di Reggio Emilia. Sono state

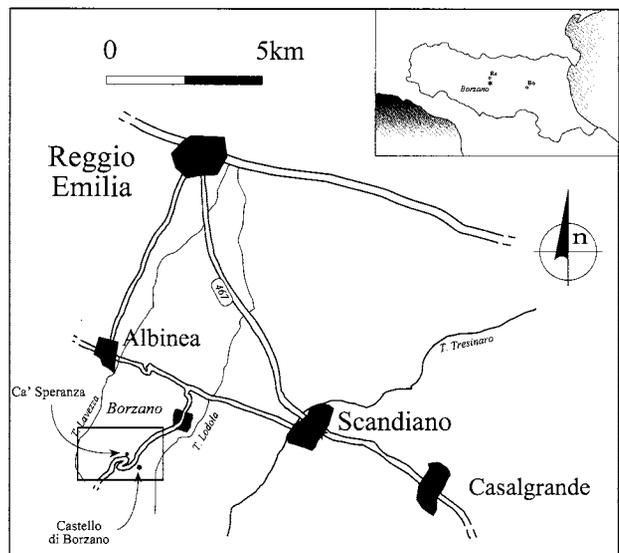


Fig.1 - Ubicazione dell'area studiata.

1 Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

2 Gruppo Speleologico Paleontologico Gaetano Chierici - Reggio Emilia

3 Gruppo Speleologico Bolognese - Unione Speleologica Bolognese

analizzate sia le rocce evaporitiche che quelle affioranti a Nord e a Sud di esse, per fasce arealmente estese da 200 a 300 metri. Tali rocce sono state sottoposte ad indagini mineralogiche e petrografiche al fine di determinarne i principali parametri composizionali. Sono state utilizzate metodologie microscopiche a trasmissione, diffrattometriche mediante raggi X (con Diffrattometro per polveri Philips PW 1050/25) e chimiche; di alcuni campioni provenienti dalla formazione evaporitica si sono anche ottenute immagini ed analisi chimiche semi-quantitative mediante microscopio elettronico a scansione (SEM Philips XL40) con abbinata microsonda elettronica a dispersione di energia (EDS - EDAX 9900) presso il Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti (CIGS) dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. I dati raccolti, unitamente a dettagliate osservazioni di campagna, hanno permesso l'elaborazione dell'allegata carta geolitologica schematica (Fig.2).

Caratteri stratigrafici delle rocce evaporitiche e rapporti con le formazioni adiacenti

Secondo IACCARINO & PAPANI (1980) la stratigrafia della formazione evaporitica nell'area compresa tra i torrenti Lavezza e Lodola è costituita, dal basso verso l'alto, dalla seguente successione:

FACIES 1 - Argille marnose fogliettate contenenti uno scarso corredo di macro- e microfossili e rare intercalazioni di gesso.

FACIES 2 - Argille marnose contenenti inclusi di gesso macrocristallino, sotto forma di isolati cristalli o di blocchi di roccia.

FACIES 3 - Bancate di gesso macrocristallino intercalate da livelli argilloso-marnosi a scarso o nullo corredo fossilifero.

Gli stessi Autori, utilizzando dati micropaleontologici, interpretano la Facies 1 come formata in ambiente marino a profondità non inferiore ai 100-200 metri mentre la Facies 3, confrontata con analoghi sedimenti di altre zone della regione, si sarebbe originata a profondità massime di poche decine di metri.

Nella parte Sud-orientale dell'area studiata (Fig.2) le rocce evaporitiche risultano tettonicamente a contatto con litotipi prevalentemente argillosi a scarsa o nulla stratificazione (LOSACCO, 1964) ma ricchi di deformazioni duttili complesse e macroscopicamente caratterizzati da notevoli variazioni cromatiche dal rosso al verde o al grigio.

In continuità con questi ultimi, sempre attraverso contatti tettonici, per un breve tratto le evaporiti si contrappongono a rocce di natura torbiditica costituite da strati calcarei a base arenitica intercalati a livelli di potenza variabile e a componente marnoso calcarea (Fig.2).

Il tratto Sud-occidentale della formazione messiniana a sua volta risulta contiguo, sempre tettonicamente, a litotipi pelitici grigio-scuri inglobanti abbondanti inclusi calcarei molto chiari e in assetto caotico.

Anche lungo il margine settentrionale i contatti della lente gessosa con le rocce circostanti permangono di natura tettonica pur interessando una unica formazione a componente litologica argilloso-marnosa, riccamente fossilifera e di età pliocenica. Va sottolineato che IACCARINO & PAPANI (1980) interpretano che una parte della base di quest'ultima formazione sia stata meccanicamente eliminata.

Scarsi e soprattutto localizzati in corrispondenza degli alvei dei torrenti Lodola e Lavezza sono i depositi alluvionali quaternari.

Caratteri strutturali e composizione petrografica dei principali litotipi affioranti

Rocce post-evaporitiche: Peliti grigio-azzurre (PLIOCENE) (AA. VV., 1997)

Affiorano mediante un contatto tettonico lungo il margine settentrionale della formazione evaporitica, per degradare progressivamente, attraverso dolci pendii o tratti di versante a calanco, in direzione dell'alta pianura quaternaria. Si tratta di peliti, con tracce di bioturbazioni, contenenti intercalazioni costituite da livelli sabbiosi. Sono caratterizzate dalla presenza di macro- e microfaune tipiche di ambiente di piattaforma e di scarpata. Sondaggi effettuati in altre località della regione hanno evidenziato trattarsi di una formazione che può raggiungere una potenza di varie centinaia di metri (LOSACCO, 1964). Indagini diffrattometriche, condotte su diversi campioni di quest'area e associate a determinazioni calcimetriche, hanno identificato nel quarzo il minerale dominante; a questo si affianca, tra i carbonati, abbondante calcite il cui contenuto raramente scende al di sotto di valori del 20%, mentre la dolomite risulta ben presente negli affioramenti pelitici più prossimi alla fascia gessosa per diventare scarsa o quasi assente man mano che da questa ci si allontana; anche il feldspato è ben identificabile, unitamente alla clorite e alla illite; è invece scarsa la caolinite. E' pre-

sente, anche se in quantità non particolarmente abbondante, il serpentino, con ogni probabilità in entrambe le varietà crisotilo e antigorite, mentre è sempre in tracce la montmorillonite. Il gesso compare sempre in quantità trascurabili ed è ipotizzabile possa trattarsi di un minerale di genesi secondaria.

Rocce evaporitiche: Gessi con intercalazioni argilloso-marnose (Messiniano - MIOCENE Med.-Sup.) (AA. VV., 1997)

a) Gessi

Le rocce evaporitiche nel territorio reggiano costituiscono una serie di affioramenti, di forma sub-lenticolare, fra loro non in continuità spaziale. Esse si sono depositate all'interno di una serie di bacini lagunari ad alta concentrazione salina durante fasi climatiche caldo-aride particolarmente favorevoli alla evaporazione (CITA, 1973; HSU, 1973; RICCI LUCCHI, 1973; RYAN, 1973).

Nell'area di Borzano queste rocce, sia per l'estensione dell'affioramento che per i fenomeni carsici che in esse si sviluppano, rappresentano la più importante testimonianza di tale evento evaporitico avvenuto nel Messiniano e

costituiscono, dal punto di vista della struttura appenninica, un baluardo roccioso interposto tra le rocce a netta componente argilloso-marnosa, affioranti a Nord, e quelle argillose varicolori o con inclusi lapidei e a prevalente struttura caotica oppure calcareo-marnoso-argillose a struttura flyscioide, affioranti a Sud.

Le forme del paesaggio, in corrispondenza dei litotipi evaporitici, sono chiaramente ricollegabili alla loro facile solubilità: infatti è possibile osservare doline, inghiottitoi, valli cieche, campi solcati, docce di dissoluzione e risorgenti.

Queste rocce, appartenenti alla Formazione Gessoso-solfifera messiniana e caratterizzate alla percussione da un tipico odore fetido, sono costituite da potenti bancate di gesso, prevalentemente macrocristallino, con rare e sottili intercalazioni di materiale pelitico talora anche bituminoso. La tessitura dei litotipi gessosi è, in genere, caratterizzata dalla presenza di grandi cristalli di colore grigiastro che, nella parte inferiore della serie, presentano sovente una orientazione spaziale in perfetto accordo con la *regola di Mottura* (gergo minerario) mentre in quella centro-superiore sembrano disporsi in modo del tutto casuale. Soprattutto alla base dell'affioramento evaporitico, ed esatta-

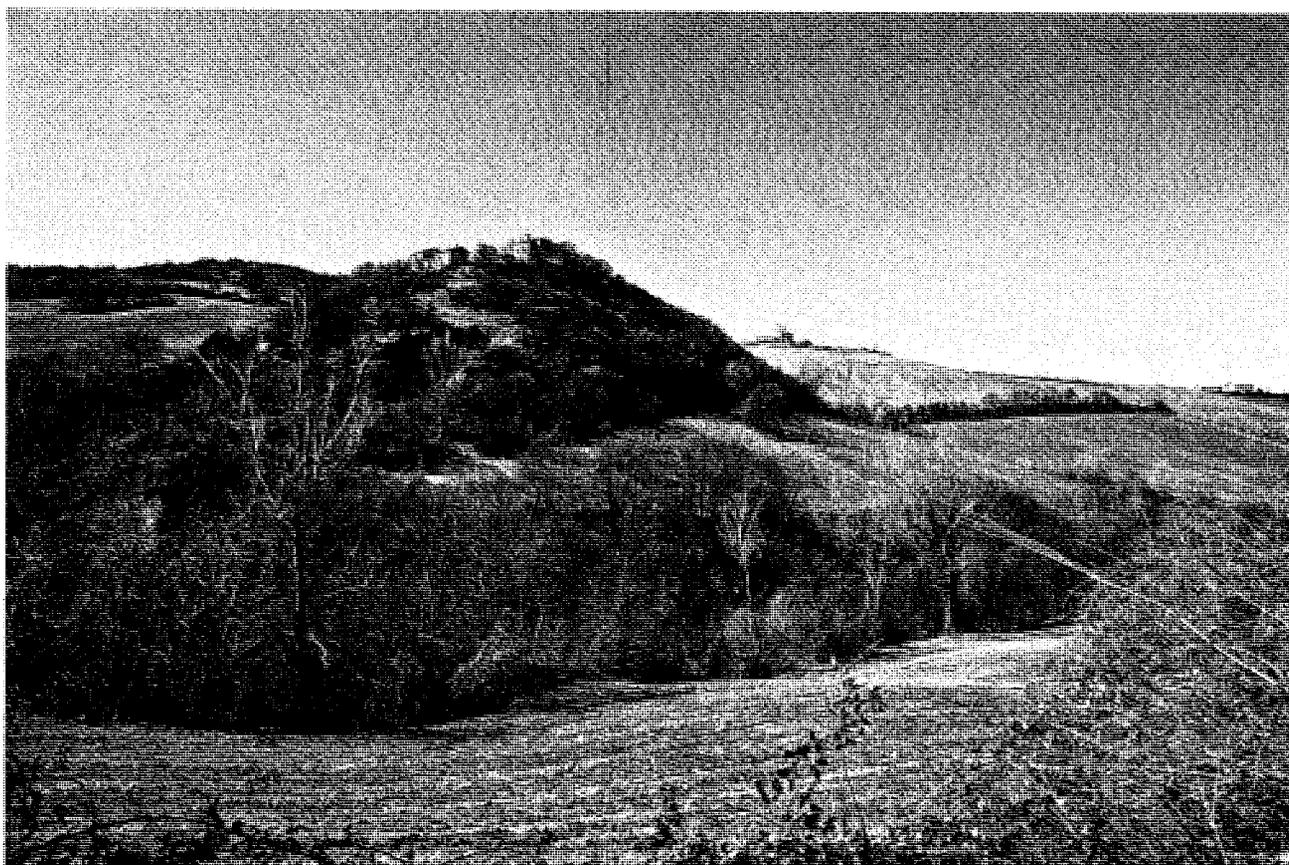


Foto 1 - Affioramento evaporitico del Castello di Borzano, costituito da gesso in bancate formate da grossi cristalli. Alla sua base si intravede una fascia di versante a morfologia addolcita il cui substrato è costituito sempre da gesso in prevalenza di tipo microcristallino (Foto M. Chiesi).

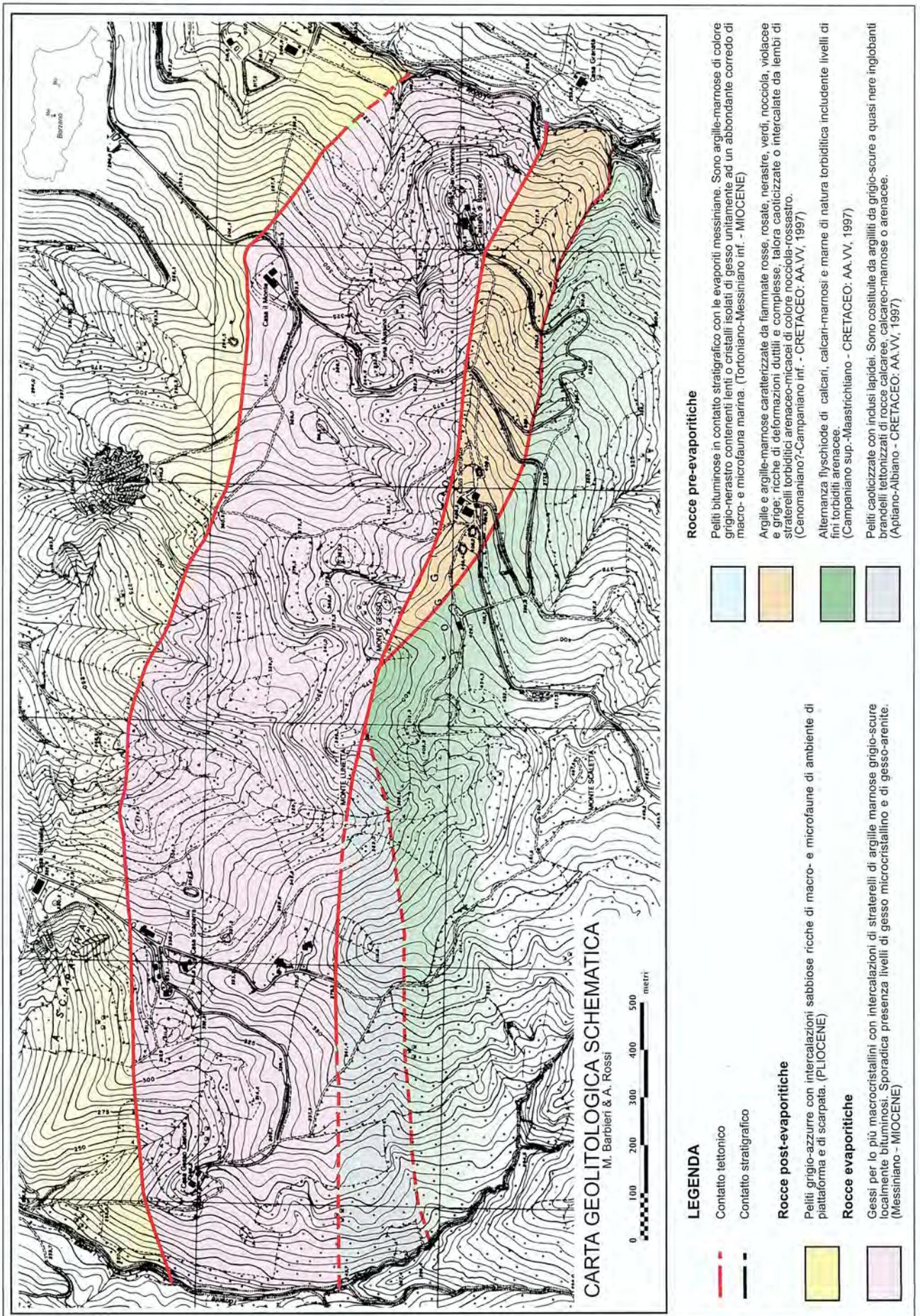


Fig.2 – Carta litologica schematica della lente gessosa e delle formazioni geologiche ad essa immediatamente circostanti e comprese tra i torrenti Lodola e Lavezza (Com. Albinea – Prov. Reggio Emilia).

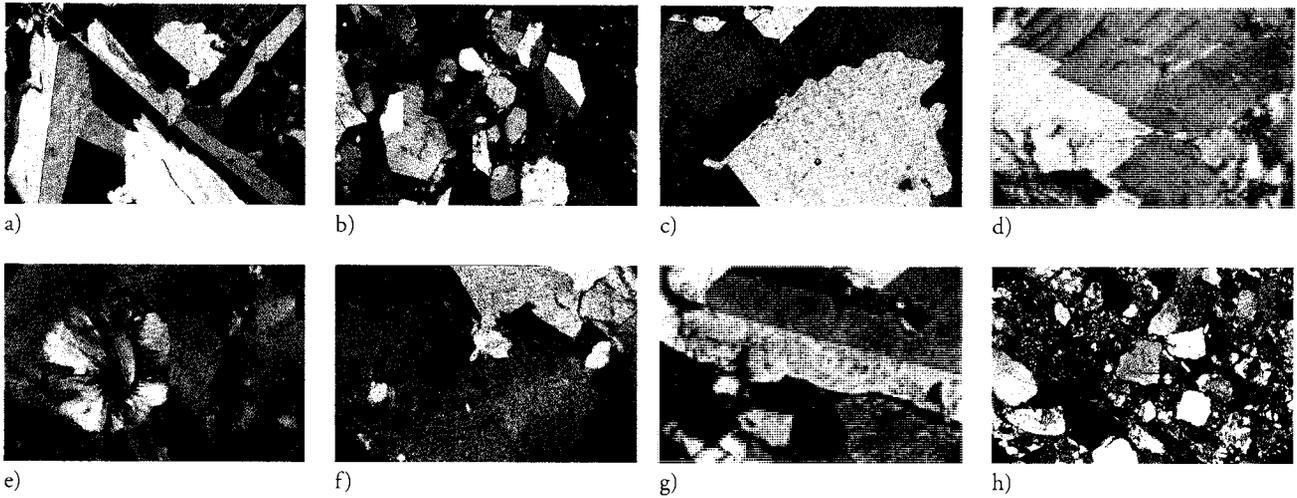


Foto2: a) Intreccio di grandi cristalli geminati allungati di gesso (Nicol X; dimensioni 3x2 mm). b) Cristalli idiotopici di gesso, talora geminati, immersi in una matrice pelitico-carbonatica (Nicol X; dimensioni 3x2 mm). c) Grandi cristalli di gesso dai contorni fra loro leggermente compenetrati; in prossimità di uno dei bordi si riconoscono microinclusioni di materiale pelitico (Nicol X; dimensioni 1,2x0,8 mm). d) Contatti seghettati fra grandi cristalli di gesso (Nicol X; dimensioni 3x2 mm). e) Gesso xenotopico nuvoloso a rosetta (Nicol X; dimensioni 0,5x0,34 mm). f) Individui di neoformazione di calcite tra cristalli di gesso; si riconoscono anche microspalmature di materiale pelitico negli spazi infracristallini (Nicol X; dimensioni 1,2x0,8 mm). g) Grandi cristalli di gesso geminato ai cui bordi è ben evidente il materiale pelitico (Nicol X; dimensioni 3x2 mm). h) Campione di gesso-arenite; sono ben evidenti i suoi clasri componenti costituiti soprattutto da gesso, da calcite e da frammenti di rocce carbonatiche, di arenaria a grana fine, di arenarie calcaree, ecc... (Nicol X; dimensioni 3x2 mm).

mente in corrispondenza dell'incisione del Torrente Lodola dove è possibile seguire per uno spessore di alcuni metri la regolare successione stratigrafica tra argille marnose e i litotipi solfatici, si osservano banchi decimetrici di gesso mesocristallino i quali sfumano rapidamente verso l'alto in livelli costituiti da individui, sempre di gesso, ma di grandi dimensioni ed in giacitura verticale.

Va sottolineato che, in base alle osservazioni di campagna, sia morfologiche (che evidenziano l'esistenza lungo il versante sinistro del torrente Lodola di un ampio tratto sub-pianeggiante, a substrato gessoso, sovrastato da pareti quasi verticali di roccia analoga (Foto 1)) che tessitura (presenza nelle bancate inferiori di cristalli geminati, con punte orientate verso la base degli strati secondo la *regola di Mottura*, disposizione spaziale che difficilmente si osserva negli strati sovrastanti), sembra ipotizzabile che queste due parti dell'affioramento possano corrispondere a quanto sostenuto da Vai & Ricci Lucchi (1977) i quali hanno identificato in una serie messiniana dell'Appennino romagnolo, inferiormente, impalcature di gesso primario in posto sviluppatesi in associazione con tappeti algali (selenite autoctona) e, superiormente, individui di gesso, in noduli o lenti rimaneggiate con cristalli sdraiati o di tipo detritico, accumulatisi durante fasi deposizionali marine inframessiniane di tipo trasgressivo-regressivo.

Sono state poi studiate al microscopio pola-

rizzatore numerose sezioni sottili ottenute su campioni di roccia gessosa provenienti da posizioni stratigrafiche diverse, in modo da avere una conoscenza significativa dei caratteri petrografici di tutto l'affioramento.

Si tratta sempre di rocce costituite da grandi cristalli tabulari geminati quasi idiomorfi (Foto 2a - Foto 2b), aventi contatti fra loro netti o debolmente compenetrati (Foto 2c) oppure seghettati (Foto 2d), che formano un mosaico di fondo caratterizzato da individui estremamente puri, carattere questo già riconosciuto da Malavolti *et alii* (1954) negli affioramenti messiniani del territorio reggiano a Vezzano sul Crostolo e al Rio Vendina. L'abito più frequente dei cristalli di gesso è costituito dalla combinazione di un pinacoide laterale {010} con il prisma verticale {110} e quello obliquo {111}; la sfaldatura maggiormente evidente avviene secondo il piano (010); numerosi sono poi gli individui che, uniti secondo il pinacoide {101}, definiscono la geminazione che prende il nome "a ferro di lancia" (BERTOLANI & ROSSI, 1988).

Richiamando la proposta di classificazione delle evaporiti solfatiche di Ciarapica *et alii* (1985) è stato riconosciuto gesso idiotopico costituito da individui ad abito prismatico lenticolare oppure geminati, unitamente a gesso ipidiotopico-xenotopico costituito da cristalli granulari o da individui nuvolosi, sia ameboidi che a rosetta (Foto 2e). Non è stato individuato gesso microcristallino significativo.

Associati alla componente gessosa appaiono piccoli corpi carbonatici (Foto 2f), spesso limpidi oppure come torbide aggregazioni micritiche; queste presenze sembrano spesso concentrarsi in posizioni intergranulari in seguito o ad azioni meccaniche pressive oppure per loro deposizione da parte di soluzioni percolanti all'interno della roccia. Del passaggio di fluidi intergranulari se ne ha anche testimonianza osservando i contatti tra materiale pelitico e individui di gesso (Foto 2g); infatti i bordi di questi ultimi appaiono spesso o seghettati o modificati da lente azioni di dissoluzione.

In associazione con la componente carbonatica è possibile identificare la presenza, a luoghi non trascurabile, di materiale di natura argillosa, sovente pigmentato o da sostanza bituminosa o da ossidi di ferro. Quando la componente clastica molto fine è particolarmente abbondante non è raro osservare al suo interno cristalli di gesso ad abito lenticolare oppure dai contorni irregolari. Infatti dove la roccia compatta ha risentito degli effetti di azioni tettoniche, anche le impalcature cristalline di gesso incluse nell'argilla spesso possono presentarsi intensamente frammentate in termini del tutto privi di abito idiomorfo. In alcuni campioni, a conferma dei fenomeni secondari di ricristallizzazione, sono state talora osservate concentrazioni di individui di gesso xenotopico nuvoloso a rosetta (Foto 2e). Da notare che, anche a livello macroscopico, in corrispondenza di superfici di disturbo tettonico (scorrimenti e frizioni fra blocchi di roccia gessosa) è possibile osservare sottili bande costituite o da gesso secondario, ricristallizzato in aghi molto allungati di colore bianco latteo, chiamato *sericolite*, il cui abito indica, in modo puntuale, la direzione di movimento dei due contrapposti blocchi di roccia, oppure da gesso sempre di genesi secondaria trasparente, limpido o reso debolmente torbido da inclusioni argillose o di ossidi di ferro, chiamato *specchio d'asino*. Sia quest'ultimo tipo di gesso che la *sericolite* devono la loro formazione a precipitazione di materiale solfato da soluzioni sovrassature.

Al contrario del territorio bolognese e romagnolo, dove al gesso si trovano talora associati piccoli cristalli di anidrite (BERTOLANI & ROSSI, 1991), in quello reggiano, ed in particolare nei gessi dell'area studiata, non è stata rilevata alcuna traccia di questo solfato anidro (BERTOLANI & ROSSI, 1988).

Và sottolineato che un campione, raccolto all'interno della Tana della Mussina di Borzano, si è rivelato essere una tipica gesso-arenite. Si tratta

di una roccia detritica fittamente stratificata e a granulometria notevolmente costante, costituita da clasti, che si presentano da sub-arrotondati ad arrotondati secondo le classi proposte da Powers (1953), immersi in una matrice debolmente argillosa. A luoghi in questo livello il microscopio ha permesso di riconoscere concentrazioni di cemento calcitico e di ossidi di ferro. La sua componente clastica è costituita (Foto 2h) da frammenti di roccia gessosa, di pelite quarzoso-micaea, di litotipi arenacei talora anche ricchi di mica, di calcare, di quarziti a grana estremamente fine, di frammenti di scisti micacei, di rocce serpentizzate o granulari di tipo granitico unitamente a frammenti di cristalli di gesso, di quarzo, di plagioclasio talora geminato e debolmente seriticizzato, di k-feldspato, di mica biotite in fase di cloritizzazione, di individui di calcite anche di notevoli dimensioni e di frammenti di fossili a guscio calcareo.

La formazione di questa gesso-arenite può essere ricollegata ad un evento inframessiniano di temporanea emersione dal mare almeno di una parte delle bancate gessose già formatesi con conseguente loro parziale smantellamento da parte degli agenti fisici superficiali e deposizione della componente detritica prodottasi. Nello stesso bacino di sedimentazione confluivano contemporaneamente anche i materiali detritici provenienti dalla erosione delle formazioni più antiche che costituivano la catena appenninica già in fase di sollevamento orogenetico.

b) Intercalazioni argilloso-marnose

Nell'affioramento studiato, sia in superficie che lungo i suoi percorsi carsici ipogei, sono state individuate e campionate alcune intercalazioni pelitiche. Si tratta di livelli poco numerosi e di scarsa potenza, contrariamente a quanto avviene in altre aree emiliano-romagnole dove essi talora raggiungono spessori e frequenze molto superiori.

La loro deposizione è stata collegata ad episodi di apporto clastico pelitico proveniente da terre emerse, con ogni probabilità collegati a momentanee variazioni delle generali condizioni climatiche (BERTOLANI-MARCHETTI, 1984) o a mutamenti del regime idrico dei corsi d'acqua che sfociavano nel bacino evaporitico.

Specifiche indagini micropaleontologiche hanno evidenziato la presenza in alcuni di questi interstrati di faune oligotipiche di certa età messiniana, mentre dal punto di vista granulometrico, variano da tipici limi ad argille limose con scarissimo scheletro sabbioso (BERTOLANI & ROSSI, 1988).

Al microscopio questi materiali si presentano in livelli tendenzialmente scuri, con fitte laminazioni piano parallele dalle dimensioni talora inferiori al millimetro, a testimonianza di un ambiente di sedimentazione a bassa energia e povero di bioturbazioni probabilmente a causa delle condizioni pre-anossiche che lo caratterizzavano.

E' riconoscibile anche sostanza organica, dal caratteristico colore bruno, dispersa in modo omogeneo in tutto il sedimento. Sono stati poi individuati microscopici individui di quarzo, per lo più arrotondato ma anche a spigoli vivi; le miche, in genere muscovite, sono molto abbondanti, di dimensioni variabili, allungate e isorientate parallelamente alla stratificazione; gli scarsi feldspati, a loro volta, appaiono sempre alterati. L'analisi diffrattometrica oltre a confermare la presenza dei minerali riconosciuti al microscopio ha permesso anche di effettuare una attendibile valutazione semiquantitativa delle specie presenti in base alla quale il quarzo è dominante, il gesso varia da assente ad abbondante, mentre sono ben riconoscibili il feldspato, la clorite e la caolinite. Tra i carbonati la calcite e la dolomite sono ben rappresentati, con possibilità che la seconda sia predominante rispetto alla prima, come già osservato da Bertolani (1966) e Rossi & Sblendorio (1975) per gli affioramenti delle colline bolognesi.

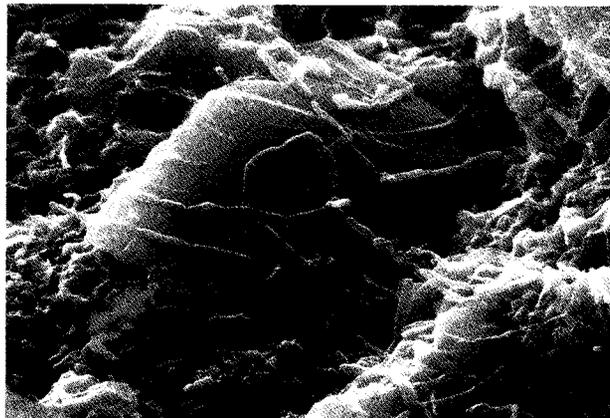
Determinazioni calcimetriche hanno permesso di definire queste peliti come tipiche argille marnose.

Di particolare interesse si sono rivelate alcune immagini ottenute con il microscopio elettronico a scansione (SEM) su un campione prelevato da un interstrato affiorante presso la cavetta abbandonata posta a monte della Dolina del Pomo. Infatti sulla superficie di un granulo di feldspato sono state, per la prima volta, riconosciute tracce di strutture biogeniche, probabili testimonianze della presenza di microrganismi (batteri, ecc.) (Foto 3a e foto 3b) che possono aver agito come catalizzatori biologici dello zolfo.

Rocce pre-evaporitiche:

a) Peliti bituminose (Messiniano inf. - MIOCE-NE) (AA. VV., 1997)

Corrispondono ai pochi metri di argille-marnose o marne-argillose affioranti lungo il torrente Lodola a diretto contatto con la base dell'affioramento gessoso. E' controversa la loro appartenenza formazionale: esse potrebbero appartenere, come riportato nella Sezione 218040



a)



b)

Foto3 : a) Tracce di strutture biogeniche (batteri, ecc.) su frammento detritico di feldspato proveniente da una intercalazione argilloso-marnosa affiorante su una delle pareti della cavetta abbandonata posta a monte della Dolina del Pomo (dimensione 40 x 25µm). b) Particolare della precedente (dimensione 13,6 x 8,5 µm).

“Tabiano” della Carta Geologica dell’Appennino Emiliano-Romagnolo 1:10.000 edita dalla Regione Emilia-Romagna (AA. VV., 1997), ad un lembo poco esteso delle Marne del Termina di età Tortoniana; ma non è da escludere, come suggerito da Panieri (2001), che esse rappresentino le argille basali del Messiniano inf. poste in continuità stratigrafica con le bancate gessose.

Si tratta di argilliti bituminose di colore grigio-nerastro dal caratteristico odore fetido, stratificate, a luoghi laminate e caratterizzate da un abbondante corredo di macro- e microfau-ne fossili marine. All’interno della massa argillitica è possibile riconoscere lenti o cristalli, singoli oppure in aggregati, di gesso sovente di piccole dimensioni.

Numerose indagini diffrattometriche hanno indicato nel quarzo il loro componente dominante; tra i silicati sono sempre ben presenti il feldspato, l’illite e la clorite, mentre risulta essere non particolarmente abbondante la caoli-

nite, scarso è poi il serpentino nella sua varietà amesite, valutabile come presente solo in tracce è la montmorillonite. Tra i carbonati la calcite è sempre ben rappresentata, mentre la dolomite varia da scarsa a non particolarmente abbondante. Le determinazioni calcimetriche confermano la natura petrografica argilloso-marnosa di tutti i campioni esaminati.

b) Peliti varicolori (Cenomaniano?-Campaniano inf. - CRETACEO) (AA.VV., 1997)

Si presentano a diretto contatto tettonico con la parte Sud orientale dell'affioramento gessoso. Si tratta di peliti caratterizzate da fiammate di materiale rosso, rosato, nerastro, verde, nocciola, violaceo e grigio. Esse, che presentano numerose deformazioni duttili e complesse, possono apparire caoticizzate o essere intercalate da lembi di straterelli di torbiditi arenaceo-micacee di colore nocciola-rossastro. Talora includono rari ciottoli manganesiferi oppure, a luoghi, abbondanti inclusi lapidei chiari di natura calcareo-marnosa; questi ultimi al microscopio, si sono rivelati costituiti da torbide micriti interessate da deformazioni e da fratture ricementate da calcite. Analisi diffrattometriche della componente argillosa, effettuate però su pochi campioni, indicano come dominante il quarzo; la calcite e la caolinite sono a loro volta ben presenti assieme ai feldspati e alla illite; la clorite è scarsa e la montmorillonite appare solo in tracce. Alcune determinazioni calcimetriche hanno permesso di quantizzare in queste peliti un contenuto di carbonati di poco inferiore al 14% che permette di definirle come argille-marnose.

c) Alternanze di calcari marnosi e marne (Campaniano sup.-Maastrichtiano - CRETACEO) (AA.VV., 1997)

Queste alternanze giungono in contatto tettonico con l'affioramento gessoso soltanto per poco più di 100 metri, tra Monte del Gesso e Monte Lunetta; tendono poi ad ampliarsi arealmente verso Sud man mano che si allontanano dalla formazione evaporitica.

Sono costituite da una successione flyschioide di natura torbiditica, anche notevolmente tettonizzata e sconnessa, che vede livelli calcarei o calcareo-marnosi in netto subordine alle marne; non mancano sottili intercalazioni costituite da fini torbiditi arenacee. La dominante componente marnosa è costituita da rocce chiare che superficialmente possono presentare una tipica fratturazione concoide. Il loro grado di cementazione non è costante.

Alcune determinazioni diffrattometriche, supportate da determinazioni gas-volumetriche, identificano nella calcite, mediamente presente in quantità attorno al 50%, il minerale componente dominante; il quarzo, a sua volta, è discretamente abbondante e l'illite facilmente rilevabile; appaiono scarse la clorite, la caolinite e i feldspati; della montmorillonite è confermata la presenza solo in tracce.

d) Peliti caoticizzate con inclusi lapidei (Aptiano-Albiano - CRETACEO) (AA.VV., 1997)

Costituiscono una sottile fascia, tettonicamente interposta fra i Gessi messiniani e le *Alternanze di calcari-marnosi e marne* del Campaniano Sup. - Maastrichtiano. La loro morfologia è contraddistinta da versanti estremamente instabili, mentre i limiti formazionali sono di difficile definizione sul terreno in quanto sempre ricoperti da lingue di terreno interessato da movimenti franosi. Si tratta di peliti da grigio-scure a quasi nere notevolmente caoticizzate, inglobanti brandelli tettonizzati di strati o blocchi isolati di roccia calcarea o calcareo-marnosa; in netto subordine le presenze arenacee. Non è stato possibile campionare questa litologia in posto in quanto essa si è presentata sempre intensamente alterata e rimaneggiata, quindi con caratteristiche composizionali senz'altro non corrispondenti alla sua natura originaria.

Conclusioni

L'area collinare di Borzano pur non rappresentando una fascia di territorio particolarmente estesa, tuttavia permette di osservare alcune delle principali litologie e molti degli elementi tettonici che contraddistinguono il fronte padano dell'Appennino settentrionale. In questa zona tutte le formazioni geologiche presenti sono fra loro a contatto tettonico, anche quelle (Gessi e Peliti grigio-azzurre) che appartengono ad una regolare successione stratigrafica. Soltanto lungo il torrente Lodola, in corrispondenza del contatto delle Evaporiti con le Peliti bituminose del Tortoniano (AA. VV., 1997) o Messiniano inf. (PANIERI, 2001), la locale successione stratigrafica non appare interessata da dislocazioni tettoniche. Per quanto riguarda i litotipi affioranti a Sud della formazione gessosa, tutti di età cretacea, essi sono interpretabili come la testimonianza del coinvolgimento di formazioni molto antiche nell'orogenesi appenninica, con loro spostamento spaziale e sovrapposizione tettonica nei confronti di rocce più recenti.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare il dr. Massimo Tonelli del Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti (CIGS) dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia per il prezioso aiuto fornito durante l'utilizzo del microscopio elettronico e la sig.ra Tina Giliberti per le determinazioni chimiche di laboratorio. Il presente studio, effettuato con il supporto finanziario del M.U.R.S.T. (ex 60%), ha fruito anche di un parziale contributo economico concesso dalla Società Speleologica Italiana (SSI).

Bibliografia

- AA.VV., 1997 - Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000. Sezione 218040, Tabiano, Regione Emilia-Romagna.
- BARBIERI M., ROSSI A., 2001: I riempimenti fisici della Tana della Mussina di Borzano ER-RE2 (Com. di Albinea - Prov. di Reggio Emilia): Considerazioni ed interpretazioni. Mem. Ist. It. Spel., Vol. XI, s. II, 85-112.
- BERTOLANI M., 1966 - La composizione mineralogica degli interstrati argillosi nei gessi del Farneto (Bologna). Atti VI Conv. Spel. Emilia-Romagna, 73-78.
- BERTOLANI-MARCHETTI D., 1984 - Analyse pollinique des intercalations marneuses du Messinien de la "Formazione Gessoso-Solfifera" (Bologna, Italie du Nord). Coll. Medit. Neogene Contin. Paléoenvironm. and Paléoclimatol. Evol., R.C.M.N.S., Montpellier 18/22 avr. 1983, Paléobiologie continentale, XIV, 2, 143-151.
- BERTOLANI M. & ROSSI A., 1988 - Le aree carsiche nei gessi messiniani del basso appennino reggiano. In: (a cura di) Chiesi M. "Guida alla speleologia nel reggiano", Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia: Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Tutela dell'Ambiente e Difesa del Suolo - Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici", 20-28.
- BERTOLANI M. & ROSSI A., 1991 - La petrografia della Grotta di Onferno (456 E/FO) e delle aree limitrofe. Naturalia Faventina, Boll. Mus. Civ. Sc. Nat. Faenza, 49-65.
- CIARAPICA G., PASSERI L. & SCHREIBER C.B., 1985 - Una proposta di classificazione delle evaporiti solfate. Geologica Rom., 24, 219-232.
- CITA B.M., 1973 - Mediterranean evaporite: paleontological arguments for a deep-basins desiccation model. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 206-228.
- HSU K., 1973 - The desiccated deep-basin model for the Messinian events. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 60-67.
- IACCARINO S. & PAPANI G., 1980 - Il Messiniano dell'Appennino settentrionale dalla Val d'Arda alla Val Secchia: stratigrafia e rapporti con il Substrato e il Pliocene. 35, Progr. IGCP n.96 "Messinian correlation", vol. ded. a S. Venzo, 15-46.
- LOSACCO U., 1966 - Terreni, struttura e morfologia del Subappennino modenese-reggiano. Atti Soc. Nat. & Mat. Modena, XCVII, 1-60.
- MALAVOLTI F., TRANI R., BERTOLANI M., BERTOLANI-MARCHETTI D. & MOSCARDINI C., 1954 - La zona speleologica del basso Appennino Reggiano. Atti VI Congr. Naz. Speleologia, Trieste.
- PANIERI G., 2001 - I foraminiferi della Tana della Mussina. Mem. Ist. It. Spel., XI, s. II, 145-155
- POWERS M.C., 1953 - A new roundness scale for sedimentary particles. Jour. Sed. Petr., 16, 19-40.
- RICCI LUCCHI F., 1973 - Resedimented evaporites: indicators of slope in stability and deep-basin conditions in Periadriatic Messinian (Apennines Foredeep, Italy). In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 142-149.
- ROSSI A. & SBLENDORIO L., 1975 - L'utilizzazione nel campo ceramico degli interstrati argillosi dei gessi messiniani italiani. La Ceramica, novembre-dicembre 1975, 15-22
- RYAN W.B.F., 1973 - Geodynamic implication of the Messinian crisis of salinity. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 26-38.
- VAI G.B. & RICCI LUCCHI F., 1977 - Algal crust, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin: a case history from the Messinian of Northern Apennines. Sedimentology, 24, 211-244.

LA ZONA SPELEOLOGICA DEI GESSI MESSINIANI DI BORZANO (Albinea, Reggio Emilia)

Alessandro Casadei Turrone, Mauro Chiesi, William Formella, Enrico Levrini¹

Riassunto

La zona dei gessi messiniani di Borzano rappresenta un'area di elevato interesse naturalistico la cui scoperta e conoscenza si deve in primo luogo alle ricerche speleologiche. Gaetano Chierici, pioniere della paleontologia, iniziò nel 1872 alla Tana della Mussina di Borzano un cammino di ricerche ancora oggi fecondo di nuove scoperte.

Il presente lavoro descrive brevemente le cavità naturali presenti in questa area di particolare rilevanza naturalistica, meritevole della istituzione di un Parco Naturale di connotazione carsica.

Parole chiave: Carsismo in gesso, Grotte, Parchi Naturali Carsici, Emilia

Abstract

The caving area in the Messinian gypsum outcrop near Borzano-Albinea, Reggio Emilia)

The Messinian gypsum outcrop near Borzano has a high environmental interest; it was firstly discovered and studied from the speleological point of view. In 1872 the Tana della Mussina was the cave explored by the pioneer of palaeontology Gaetano Chierici. Until present speleological activities allowed to discover and explore many other karst systems.

In the present paper the natural cavities of this important naturalistic area, worth to become a Natural Preserve, are briefly described.

Keywords: Gypsum Karst, Caves, Karst Natural Parks, Emilia

Premessa

Il Gruppo Speleologico "G. Chierici" di Reggio Emilia nella primavera del 1996 ha promosso e coordinato per il Comune di Albinea la realizzazione di una mostra "*I gessi Messiniani di Albinea, Un Parco sopra e sotto*", con lo scopo di sensibilizzare l'opinione pubblica facendo conoscere, attraverso immagini, testi e video, le peculiarità naturali e antropiche della zona, spiegando le motivazioni che giustificano la creazione di un Parco sulle prime colline a pochi chilometri dalla Città.

L'interesse speleologico è notevole: dei 1132 ettari proposti ad area protetta, più della metà sono interessati da affioramenti di Gessi Messiniani; di qui la presenza di numerose grotte, le più importanti delle quali costituiscono il complesso carsico Ca' Speranza - Tana della Mussina, che complessivamente sfiora i due chilometri di sviluppo. Altre diverse cavità minori sono presenti, risultando a catasto infatti oltre 40 grotte.

L'inaugurazione della mostra ha coinciso con un Convegno al quale hanno partecipato i massimi esponenti delle amministrazioni interessate alla realizzazione del Parco, il Sindaco del Comune di Albinea, l'Assessore Provinciale alla

valorizzazione del territorio nonché naturalisti e botanici della Regione Emilia Romagna. Il Professor Forti, coordinatore del dibattito, ha lasciato ampio spazio alle relazioni degli speleologi della Società Speleologica Italiana che hanno sottolineato ancora una volta l'importanza e la particolarità dell'area destinata a Parco, unica dal punto di vista speleologico, geologico e ambientale. È emersa l'esigenza di attuare in tempi brevi la fase di protezione in quanto, mettendo in evidenza i pregi della zona, si corre il rischio di favorirne uno sviluppo turistico che, senza adeguate regolamentazioni, potrebbe causare danni irreparabili.

La convenzione stipulata tra la Società Speleologica Italiana ed il Comune di Albinea per ampliare la conoscenza speleologica e idrogeologica della zona, ha visto impegnato il Gruppo Speleologico di Reggio Emilia nella rivisitazione completa del territorio e di tutte le cavità, nonché di tutti quei fenomeni carsici ipogei ed epigei che caratterizzano l'area individuata a Parco naturale.

Storia delle esplorazioni

Le prime notizie sulle cavità della zona di Borzano risalgono al 1872.

Dell'Abate Antonio Ferretti è la prima descrizione della Tana della Mussina: con più fantasia che metodo scientifico, traccia un'immagine paurosa e incredibile della grotta, tanto da provocare una secca smentita da parte di Pio Mantovani, studioso ben più preparato e razionale.

Gli scavi archeologici eseguiti dal paleontologo Gaetano Chierici ebbero molta eco in tutta la provincia, facendo conoscere diffusamente la grotta e la zona circostante. Il lavoro di scavo portò alla luce singolari ritrovamenti: resti ossei semicombusti di 18 individui, selci scheggiate, asce in pietra e frammenti di vasi, testimonianza dell'uso sepolcrale a cui era destinata la grotta nel periodo Eneolitico.

Dopo gli studi del Chierici relativi alle principali cavità della zona, bisogna attendere il periodo a cavallo dei due conflitti mondiali per ritrovare notizie di esplorazioni dell'area, prevalentemente ad opera del Gruppo Speleologico Emiliano di Modena, coordinate da Fernando Malavolti.

Il secondo conflitto mondiale interrompe l'attività speleologica che riprende sempre ad opera del G.S.E. I risultati degli studi del periodo 1932-1954 vengono pubblicati a cura del

Comitato scientifico del C.A.I. di Modena negli atti del VI Congresso Nazionale di Speleologia tenutosi a Trieste nel 1954. Notizie su queste cavità compaiono anche sul Bollettino del Gruppo Grotte "Pellegrino Strobel" di Parma dei primi anni '50.

Successivamente le esplorazioni vengono coordinate quasi esclusivamente dal Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici" di Reggio Emilia, fondatosi il 9 marzo 1967.

All'inizio, sotto la guida di Mauro Cremaschi, si ha una prima fase dove si accrescono le conoscenze sulle cavità della zona; in seguito il Gruppo, rinvigorito da nuove forze, agli inizi degli anni '80 opera un complesso lavoro di esplorazioni, rilievo e studio di tutte le cavità presenti nell'area.

In particolare, i maggiori risultati si ottennero

- nel 1981, con il superamento della strettoia al fondo dell'Inghiottitoio di Ca' Speranza, portando lo sviluppo esplorato della cavità a 682 m;
- nel 1983, grazie a un favorevole periodo di siccità, con il superamento del 2° e 3° sifone della Tana della Mussina di Borzano, individuando i nuovi rami che permettono di raggiungere l'attuale fondo posto a 650 m dall'ingresso;
- nel 1985 si riaccendendo le speranze, mai svanite, di un collegamento fra le due suddette cavità, con il superamento del vecchio fondo dell'Inghiottitoio di Ca' Speranza (il nuovo sviluppo raggiunge i 1.200 m). Le due grotte distano ora meno di 200 m in linea d'aria.

Lavori in corso e possibilità esplorative

Attualmente il G.S.P.G.C. sta lavorando nel tentativo di realizzare la congiunzione fra la Tana della Mussina di Borzano e l'Inghiottitoio di Ca' Speranza scavando i riempimenti al fondo della "Mussina". Esaurite (quasi) tutte le possibilità di entrare in questo sistema ipogeo da nuovi ingressi, le uniche possibilità esplorative rimangono all'interno delle cavità, allargando stretti passaggi e disostruendo frane.

Nella Valle di Ca' Scaparra, il sistema che fa capo alla Tana della Mussina di Montericco deve ancora essere compiutamente disostruito. Ancora interessante è lo studio dei due sistemi idrici che dal Rio Groppo e dalla Grotta Nuova di Ca' Scaparra confluiscono nella Tana del Tasso.

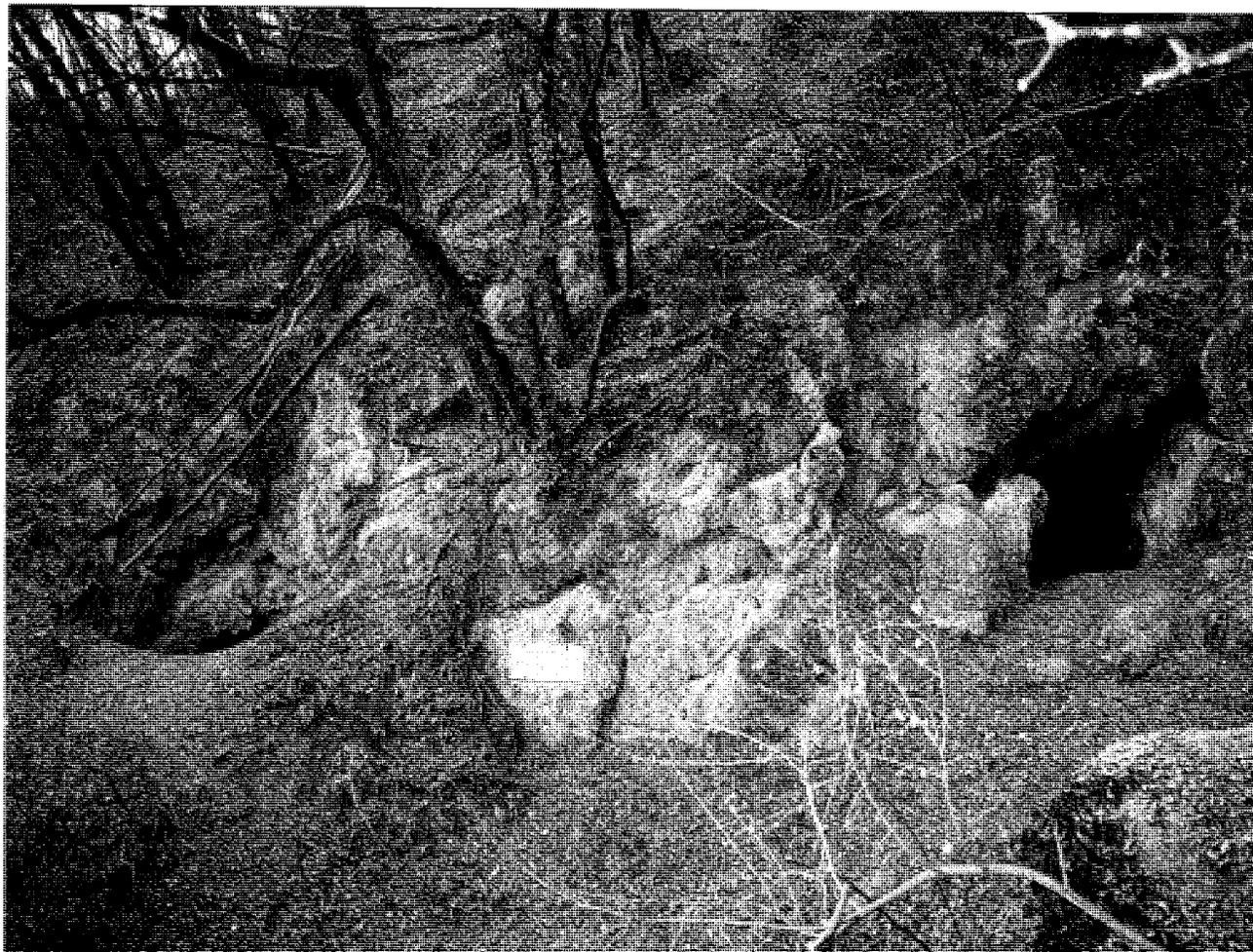


Foto 1 - L'ingresso della Tana della Mussina di Borzano, con a fianco il *Buco del fresco*, si apre in una suggestiva conca originata dallo sviluppo di una "valle morta" (Foto M. Chiesi)

Infine, le recenti prove di colorazione che hanno determinato il bacino di alimentazione della Risorgente del Rio Groppo (alimentata sia dalla valle cieca di Monte Lunetta che dalla dolina dei Massi Caduti) hanno dimostrato come quest'ultima cavità serbi notevoli possibilità esplorative, pur sempre collegate a pesanti opere di disostruzione.

Le grotte

Entro i confini dell'area oggetto di studio 43 sono le grotte censite dal Catasto delle Cavità naturali dell'Emilia Romagna: 24 sono accessibili altre 19 non sono lo sono più, causa crolli ed interrimenti naturali o riempimenti provocati dall'azione umana.

Lo sviluppo complessivo delle cavità accessibili sfiora i 3.000 metri; l'Inghiottitoio di Ca' Speranza vanta sia il maggior sviluppo, oltre 1.200 m, che la maggior profondità - 75 m .

Il presente elenco comprende tutte le cavità naturali, attualmente note, poste in ordine di

numero di catasto. Per tutte le grotte accessibili, di cui è stato effettuato e restituito il rilievo topografico ed il posizionamento dell'ingresso sulla carta CTR 1:5.000, viene di seguito data una breve descrizione morfologica; per le grotte non più accessibili la tabella evidenzia la causa dell'estinzione.

ER-RE 2

TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO

Si tratta sicuramente della più nota grotta della provincia. Abitata già nella preistoria, fu sede di importanti rinvenimenti archeologici da parte di Gaetano Chierici. La cavità rappresenta la risorgente di un vasto complesso carsico che vede il suo inizio nella valle cieca a N-O di Monte Gesso e raccoglie le acque provenienti da numerose doline ben visibili nella zona. L'andamento della cavità è orizzontale, fatti salvi alcuni tratti disturbati da crolli interni che obbligano a procedere scomodamente tra blocchi accatastati. L'ampio e spettacolare ingresso, meta di visite da parte di gitanti domenicali, lascia pre-



Foto 2 - l'ampio salone di ingresso della Tana della Mussina di Borzano, descritto per la prima volta, favolisticamente, dall'abate Antonio Ferretti (1872); successivamente qui furono effettuati gli scavi e le ricerche di Gaetano Chierici (Foto M. Chiesi)

sto spazio a bassi meandri e stretti passaggi che si susseguono sino all'attuale fondo conosciuto della grotta. Interessanti sono le concrezioni carbonatiche nella "galleria delle stalattiti" e i diversi cunicoli laterali che segnalano la provenienza di apporti idrici attivi o fossili. Degne di nota anche le tracce residue di gallerie poste su di un piano superiore che testimoniano un antico livello di scorrimento dell'acqua.

ER-RE 11
BUCO DEL CORNALE

Modesta cavità di origine tettonica, determinata allo svuotamento di materiale all'incrocio di due fratture inclinate verso il basso. Nonostante le sue ridotte dimensioni è abbastanza nota sia per essere situata pochi metri al di sotto della chiesetta del castello di S. Giovanni, sia per i riferimenti nei lavori del Chierici.

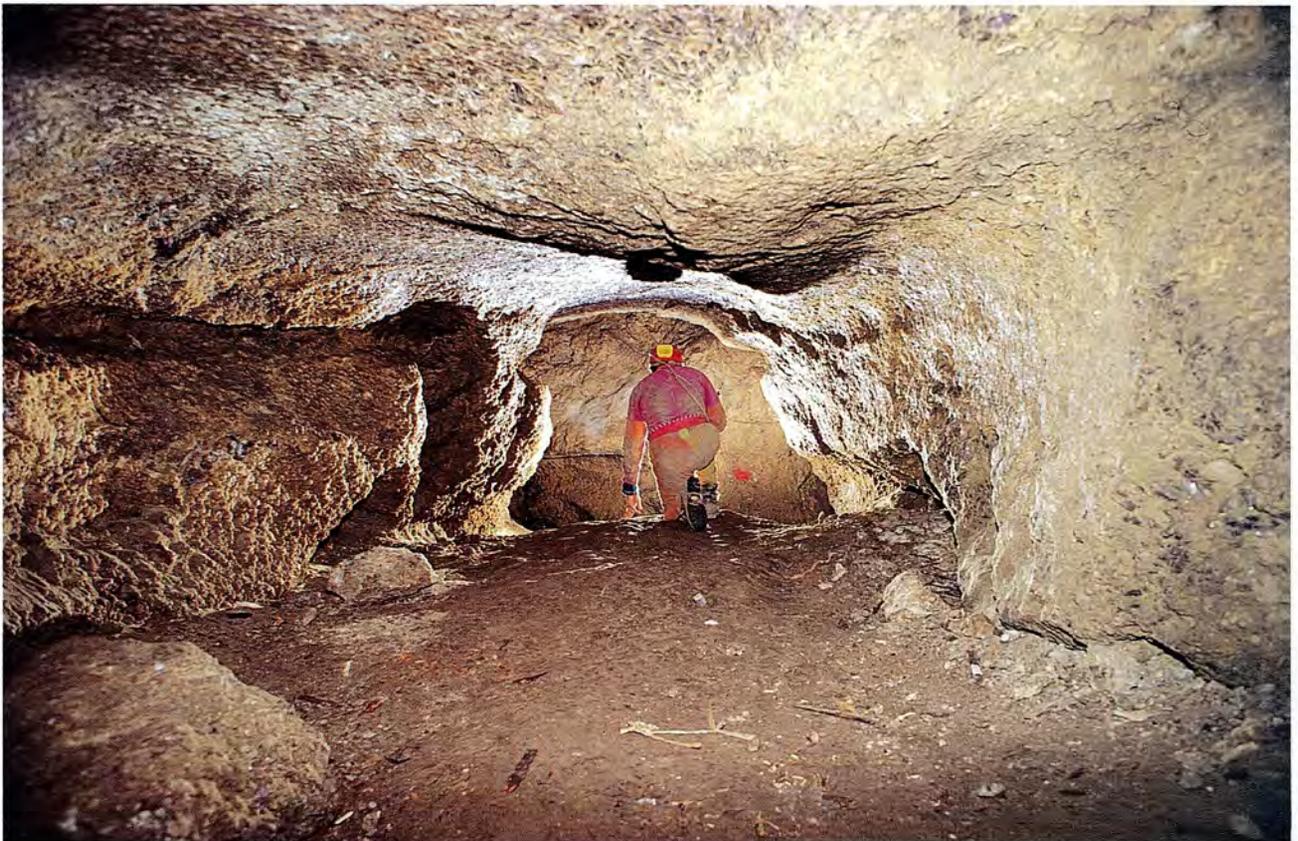


Foto 3 - Tana della Mussina di Borzano, cunicolo di collegamento tra il primo e il secondo salone con sezione di origine freatica (Foto M. Chiesi)

ER-RE 12

TANA DELLA MUSSINA DI MONTERICCO

Risorgente attiva, temporanea. Il nome di questa, chiamata dai Locali "Tana della Volpe", risale al Chierici che intendeva sottolineare così le affinità morfologiche con la ben più nota "Tana della Mussina di Borzano". Questa somiglianza è di supporto ad alcune leggende ("Isotta da Borzano" - L. Terrachini 1883) che le volevano in comunicazione. Si accede alla grotta da un ampio e suggestivo ingresso al fondo del quale, per uno stretto passaggio, si raggiunge un pozzetto di circa 4 metri. La discesa di questo salto porta al livello attivo, dove la cavità si divide in due rami: quello attivo è notevolmente influenzato dalla tettonica, mentre l'altro con morfologia prevalentemente di crollo, riconduce al ramo attivo dopo una breve risalita. Si giunge così alla saletta terminale ove dal sifone proviene una forte corrente d'aria. La cavità è posta al limite inferiore degli affioramenti gessosi: nella piana antistante è ben visibile il profondo sifone al contatto con le argille, che funge da sfioratore di troppo pieno.

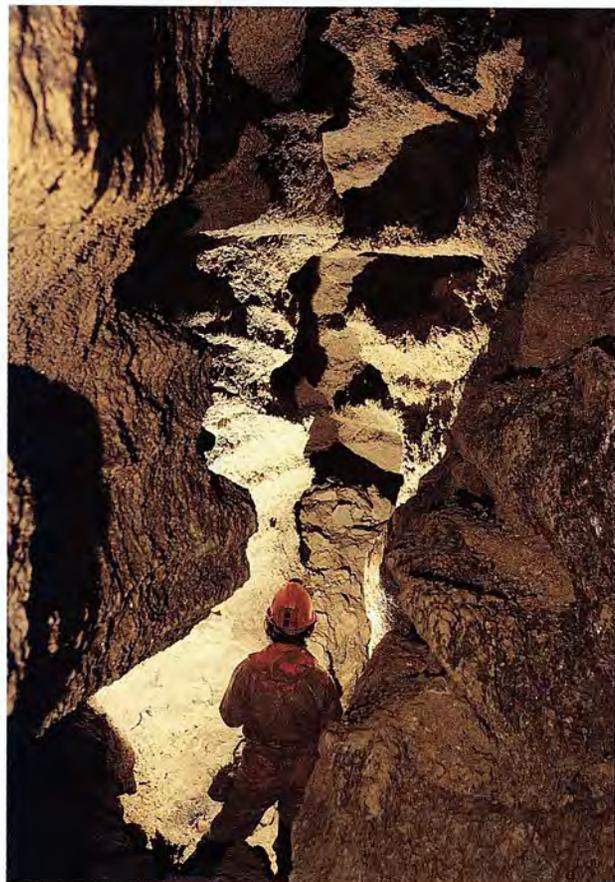


Foto 4 - Inghiottoio di Ca' Speranza: "il canyon", meandro di approfondimento (Foto M. Chiesi)

ER-RE 85

GROTTICELLA SOPRA LA TANA DELLA MUSSINA

Si accede alla grotta risalendo il canalone su cui si apre la "Tana della Mussina di Borzano". La cavità consiste essenzialmente in un ampio vano sul cui fondo, sotto i massi di crollo, è possibile scorgere le tracce di un minuscolo corso d'acqua temporaneo.

ER-RE 87

INGHIOTTITOIO DELLA VALLE CHIUSA DELLE BUDRIE

Si apre sul fondo della più vasta dolina della zona. Nonostante il copioso bacino di alimentazione la cavità non ha uno sviluppo rilevante a causa di una elevata instabilità che genera la presenza di numerosi crolli. E' provata, tramite colorazione con tracciante delle acque, la sua appartenenza al sistema "Ca' Speranza - Tana della Mussina".

ER-RE 91

TANA DI GESSO CASTELLONE

La cavità, al cui interno il Chierici eseguì alcu-



Foto 5 - Inghiottoio di Ca' Speranza, "ramo del Capitain"; il torrente perenne scorre depositando uno spesso crostone calcifico a vaschette (Foto M. Chiesi)

ni scavi, si presenta con un ingresso piuttosto imponente. E' una risorgente fossile con la presenza di stretti cunicoli in contropendenza dove provata è la presenza di alcuni esemplari di istrice.

ER-RE 136

GROTTA DEI MASSI CADUTI

L'importanza di questo inghiottitoio è dovuta al fatto che esso costituisce il punto d'inizio del sistema che alimenta la Risorgente del Rio Groppo. Attraverso grandi massi di crollo si scende fino ad intercettare, dopo pochi metri, il letto del torrente. Il percorso, sempre tra blocchi e in discreta pendenza, conduce sino ad una piccola sala in cui blocchi di materiale insolubile precludono al momento la continuazione dell'esplorazione.

ER-RE 138

INGHIOTTITOIO DI CA' SPERANZA

Questa importantissima cavità, forse la più bella del reggiano, consta di ben 1200 metri di sviluppo topografato. L'ingresso è costituito da

un inghiottitoio non più attivo che immette, attraverso cunicoli e meandri in forte pendenza, al ramo attivo. Alcuni metri al di sopra di esso, superando una strettoia, si entra nel "Gran Canyon", bellissimo meandro alto fino a 15 metri e si prosegue seguendo il modesto corso d'acqua fino alla sua affluenza nel collettore principale. Risalendo quest'ultimo attraverso il magnifico "ramo del Capitain" ci si dirige in direzione della "valle cieca a N-O di Monte Gesso" fino a che un crollo insuperabile impedisce il transito; seguendo invece il percorso dell'acqua verso il "fondo", attraverso spettacolari meandri e numerosi rami laterali si raggiunge la grande "frana" che sbarra il passaggio allo speleologo: a 200 metri in linea d'aria da qui si trova il limite conosciuto della "Tana della Mussina di Borzano".

ER-RE 215

BUCA SOTTO SAN GIOVANNI DI BORZANO

Un distacco di versante sotto il Castello di San Giovanni origina questa modesta cavità per-

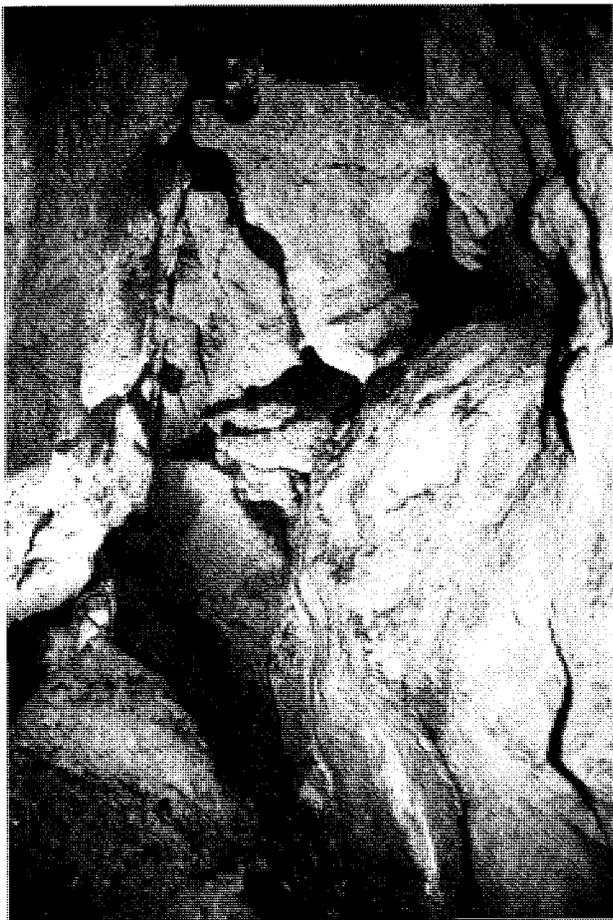


Foto 6 - Tana della Mussina di Borzano, salone di crollo con accumuli di guano di pipistrello; la posizione di questi saloni e la presenza di guano indicano una connessione diretta con la sovrastante area della Dolina del Pomo e del Pozzo marginale della Dolina del Pomo (Foto S. Sturloni)

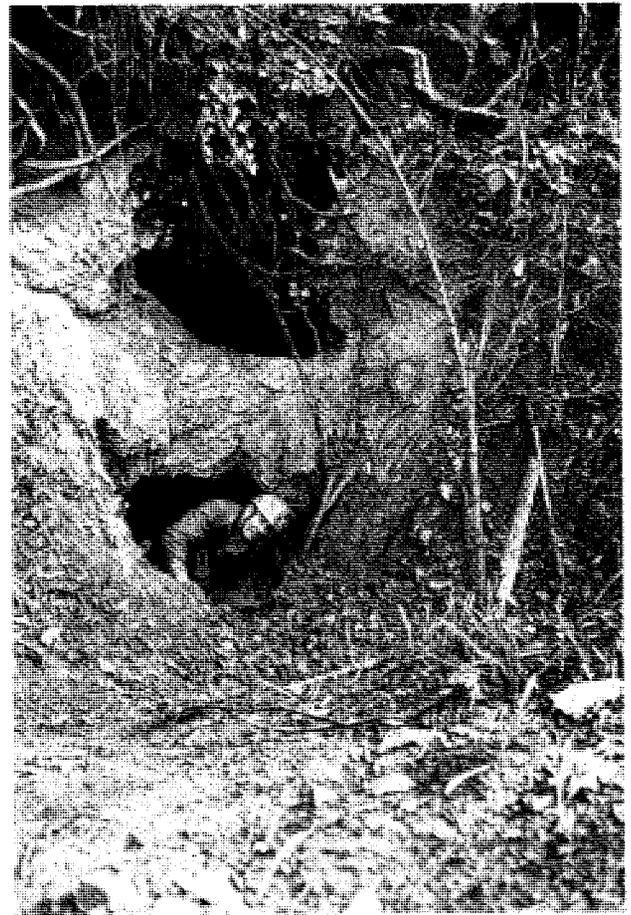


Foto 7 - Inghiottitoio di Ca' Speranza, ingresso (Foto M. Domenichini)

corribile per pochi metri fino ad una piccola finestra che riporta sulla parete sottostante.

ER-RE 290

BUCO DEL GINEPRO

Modesto inghiottitoio posto sul fianco destro del canalone su cui si apre la Tana della Mussina di Borzano. Lo stretto accesso, a volte occluso da argilla, conduce ad una modesta saletta dalla quale si diparte un stretto cunicolo che drena acqua al sistema sottostante "Ca' Speranza - Tana della Mussina".

ER-RE 296

BUCO DELLA FORRA

Si tratta di una grotta di natura esclusivamente tettonica, costituita da una spettacolare frattura di rilascio poco a monte della "Grotta dei Massi Caduti". Completamente secca, ospita al suo interno una famiglia di allocchi.

ER-RE 298

BUCO A MONTE DELLA MUSSINA DI MONTERICCO

Piccola cavità, si apre in una posizione par-

ticolarmente tettonizzata al di sopra della "Tana della Mussina di Montericco". Parzialmente distrutta da intervento artificiale (ancora visibili sono alcuni fornelli di mina).

ER-RE 304

RISORGENTE DEI RONCHI

Risorgente temporanea di difficile reperimento a causa della vegetazione, questa grotta consiste in una bella galleria le cui dimensioni si riducono progressivamente fino ad uno stretto cunicolo completamente invaso dal fango. Poco a monte è conosciuto un piccolo inghiottitoio, non penetrabile.

ER-RE 305

GROTTA DEL LAVEZZA

Inghiottitoio sito sul versante destro idrografico del torrente Lavezza, in una fitta macchia boschiva. Un temporaneo corso d'acqua, meandreggiando tra sponde gessose, si tuffa verticalmente nella cavità, dando luogo a belle forme di erosione.

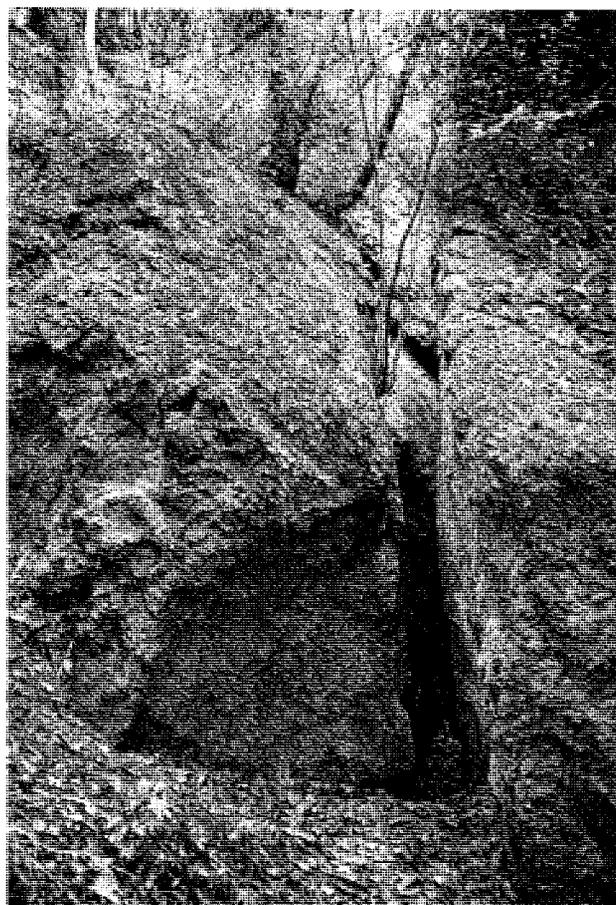


Foto 8 - Buco della Forra, frattura verticale della bancata gessosa (Foto M. Domenichini)



Foto 9 - Buco del Ginepro, dolina-inghiottitoio di accesso (Foto M. Domenichini)

ER-RE 306

GROTTA A EST DI CASA GESSO CASTELLONE

Cavità sita nelle immediate vicinanze della casa di Gesso Castellone. E' determinata dall'abbassamento degli strati sub-orizzontali inferiori che lasciando modesti vuoti tendenzialmente riempiti dai crolli della volta.

ER-RE 342

TANA DEL TASSO

Modesta cavità posta al fondo di una dolina di crollo, raccoglie le acque provenienti da diverse cavità quali: la "Grotta nuova di Ca' Scaparra", e "l'inghiottitoio del Rio Groppo" e probabilmente dall'Inghiottitoio di Ca' Scaparra. Un sifone costantemente allagato non permette l'esplorazione verso le cavità sopra citate.

ER-RE 343

INGHIOTTITOIO DI CA' SCAPARRA

Inghiottitoio attivo. Interessante cavità, per sviluppo e morfologia, oggi testimone dei successivi ringiovanimenti carsici della zona (le prime descrizioni indicavano una attività idrica ben maggiore dell'attuale). Le dimensioni delle gallerie lasciano supporre che, in passato, la grande dolina in cui si apre questa grotta fosse in realtà l'unico assorbimento della porzione sinistra degli affioramenti del Rio Groppo. Successivi arretramenti degli inghiottitoi hanno tolto a questi condotti, causa anche l'approfondimento della porzione terminale, il deflusso carsico primario. Ora infatti in questa grotta confluiscono le acque della sola dolina omonima.

Dall'ingresso a scivolo sub-verticale si accede ad una prima sala di crollo: qui è possibile inoltrarsi in vari cunicoli che, tra massi instabili, giungono quasi in superficie. Volgendosi ad Est, l'abbassamento della volta mostra belle forme di erosione, sino a giungere al seguente laminatoio che, assai disagiamente conduce a gallerie tipicamente freatiche. Poco avvertibile in questo tratto la tettonica. Al fondo il piccolo rigagnolo formatosi negli ultimi metri della grotta, si getta in un impraticabile cunicolo in forte pendenza in direzione di collettori inferiori, a cui spetta il deflusso carsico attuale. Scavi operati nella zona sovrastante il vecchio fondo della cavità hanno consentito il collegamento con un ramo fossile fino all'esterno denominato "Grotta dei Faraoni".

ER-RE 486

GROTTA NUOVA DI CA' SCAPARRA

Inghiottitoio attivo. Cavità complessa, prende origine al fondo della dolina più elevata della porzione Ovest della Valle del Rio Groppo e oggi si presenta come la più attiva: una sorgente poco distante assicura un continuo approvvigionamento d'acqua, provenendo dal sovrastante complesso caotico. Notevolmente influenzata da fratture con andamento N-NE, è essenzialmente costituita da uno stretto meandro che, fra crolli e bancate argillose, si approfondisce notevolmente. Assai interessante si presenta l'attuale fondo della grotta che, per le sue ridottissime dimensioni trasversali non è stato completamente esplorato: qui si intersecano le due direttrici principali della tettonica della formazione gessoso-solfifera del reggiano.

ER-RE 630

GROTTA DEI FARAONI

La cavità si apre nella stessa dolina di crollo della "Tana del Tasso", consiste in una galleria fossile completamente riaperta da un recente

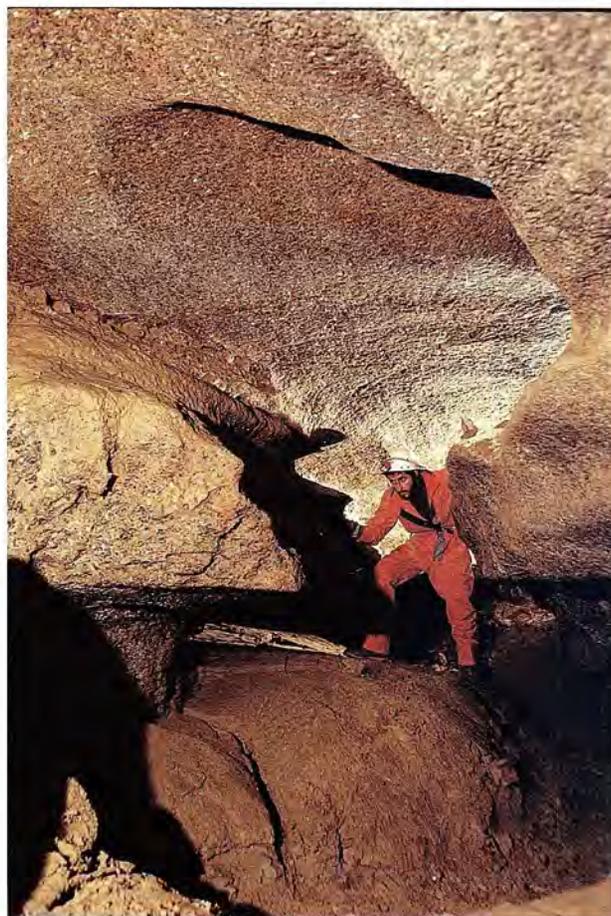


Foto 10 - Risorgente del Rio Groppo, galleria freatica con canale di volta (Foto L. Bassi)

scavo che conduce al fondo dell'”Inghiottitoio di Ca' Scaparra”. Il nome deriva dall'imponente lavoro di svuotamento del riempimento.

ER-RE 637

GROTTA DELL'ASPARAGO

Pozzo di 7 m posto a fianco di una piccola dolina, ancora solo parzialmente disostruito nell'intento di raggiungere quelle gallerie sconosciute poste tra i fondi dell'”Inghiottitoio di Ca' Speranza” e la “Tana della Mussina di Borzano”.

ER-RE 647

POZZO PER LA SPERANZA

Piccolo inghiottitoio fossile che raccoglieva le acque del pianoro sovrastante, potenzialmente interessante per la sua evidente posizione relativa al sistema “Ca' Speranza-Mussina”.

ER-RE 648

BUCO SUL SENTIERO PER LA SPERANZA

Inghiottitoio attivo che svolge attualmente le funzioni un tempo proprie del “Pozzo per la Speranza”.

ER-RE 667

RISORGENTE DEL RIO GROPPPO

Interessante cavità sita sulla destra idrografica del Rio Groppo. Vi si accede da un inghiottitoio che immette nella parte fossile della grotta, uno scomodo passaggio conduce al ramo attivo in cui scorre un modesto rivolo perenne d'acqua proveniente sia dalla valle cieca di monte Lunetta che dalla dolina (grotta) dei Massi Caduti. Il ramo attivo è percorribile in risalita fra numerosi massi di crollo, a valle una condotta si avvicina alla risorgenza, l'acqua che la percorre fuoriesce da un sifone impenetrabile.

ER-RE 786

POZZO SUL RIO GROPPPO

Cavità di recente scoperta, interessante per la sua attività idrica proveniente dal sovrastante “Inghiottitoio del Rio Groppo” e diretta alla “Tana del Tasso”. Vi si accede da un pozzo dovuto allo sprofondamento della galleria sottostante. L'intensa attività idrica tende periodicamente a modificarne l'aspetto interno.



Foto 11 - Tana della Mussina di Borzano, galleria “dell'ultima spiaggia” (foto S. Sturloni)

LE GROTTTE: CAVITA' ACCESSIBILI

N.C.	NOME DELLA CAVITA'	Sviluppo	Dislivello	Longitudine	Latitudine	Quota
2	TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO	650	-8 +27	10° 37' 06" 11	44° 35' 23" 60	275
11	BUCO DEL CORNALE	12	+3	10° 37' 15" 73	44° 35' 21" 67	298
12	TANA DELLA MUSSINA DI MONTERICCO	85	+7 -6	10° 36' 24" 58	44° 35' 42" 00	264
85	GROTTICELLA SOPRA LA TANA DELLA MUSSINA	14	-4	10° 37' 06" 65	44° 35' 23" 06	289
87	INGHIOTTITOIO DELLA VALLE CHIUSA DELLE BUDRIE	33	-9	10° 36' 53" 23	44° 35' 30" 00	318
91	TANA DI GESSO CASTELLONE	19	0	10° 35' 38" 86	44° 35' 30" 90	284
136	GROTTA DEI MASSI CADUTI	92	-23	10° 36' 33" 05	44° 35' 30" 24	341
138	INGHIOTTITOIO DI CA' SPERANZA	1.200	-75	10° 36' 45" 11	44° 35' 24" 16	375
215	BUCA SOTTO S.GIOVANNI DI BORZANO	9	-6	10° 37' 16" 92	44° 35' 23" 45	267
290	BUCO DEL GINEPRO	16	-9	10° 37' 03" 38	44° 35' 23" 00	322
296	BUCO DELLA FORRA	15	-6	10° 36' 34" 06	44° 35' 30" 81	367
298	BUCO A MONTE DELLA MUSSINA DI MONTERICCO	13	+3	10° 36' 23" 45	44° 35' 40" 35	278
304	RISORGENTE DEI RONCHI	117	+6	10° 35' 27" 51	44° 35' 31" 62	260
305	GROTTA DEL LAVEZZA	25	-10	10° 35' 37" 00	44° 33' 29" 51	281
306	GROTTA A EST DI CASA GESSO CASTELLONE	10	-3	10° 36' 43" 75	44° 35' 38" 59	290
342	TANA DEL TASSO	21	-3	10° 36' 20" 76	44° 35' 42" 00	262
343	INGHIOTTITOIO DI CA' SCAPARRA	227	-18	10° 36' 16" 02	44° 35' 42" 16	281
486	GROTTA NUOVA DI CA' SCAPARRA	155	-40	10° 36' 10" 82	44° 35' 39" 89	300
630	GROTTA DEI FARAONI	24	0	10° 36' 19" 62	44° 35' 42" 16	263
637	GROTTA DELL'ASPARAGO	7	-7	10° 36' 53" 23	44° 35' 22" 86	380
647	POZZO PER LA SPERANZA	7	-5	10° 36' 53" 23	44° 35' 25" 45	363
648	BUCO SUL SENTIERO PER LA SPERANZA	5	-4	10° 36' 54" 58	44° 35' 25" 45	366
667	RISORGENTE DEL RIO GROPPPO	137	-13	10° 36' 22" 78	44° 35' 34" 07	308
786	POZZO SUL RIO GROPPPO (CARLAFFO)	50	-13	10° 36' 22" 94	44° 35' 40" 05	270
798	POZZO DELLA DOLINA DI CA' SCAPARRA	11	-9	10° 36' 15" 56	44° 35' 42" 32	278

TOTALE SVILUPPI RILEVATI

2.954

ER-RE 798

POZZO DELLA DOLINA DI CA' SCAPARRA

La grotta si apre, con andamento verticale e lineare, all'interno della dolina di Ca' Scaparra. Rappresenta un recente arretramento del punto di assorbimento del sistema dell'inghiottitoio omonimo.



Foto 12 - Risorgente del Rio Groppo, pozzo d'ingresso (Foto Archivio GSPGC)

LE GROTTI: CAVITA' NON ACCESSIBILI

N.C.	NOME DELLA CAVITA'	Longitudine	Latitudine	Quota
86	GROTTICELLA DELLA CAROGNA: ostruita per riempimento artificiale, il rilievo del 1987 presentava uno sviluppo di 20 metri e un dislivello di -12,5 metri.	10° 36' 38" 80	44° 35' 26" 10	375
88	GROTTA DELLE DUE DOLINE: occlusa per interrimento e crollo, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 70 metri e un dislivello di -43 metri.	10° 36' 33" 38	44° 35' 38" 10	302
89	GROTTA DEI DUE INGRESSI: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 23 metri e un dislivello di -12 metri.	10° 36' 30" 90	44° 35' 39" 40	270
139		10° 36' 28" 64	44° 35' 39" 24	288
221	POZZETTO SOTTO LA STRADA: distrutta per crollo, catastata nel 1953 con uno sviluppo di 11 metri e un dislivello di -4,5 metri.	10° 37' 02" 30	44° 35' 26" 77	329
291	INGHIOTTITOIO A OVEST DELLA TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 20 metri e un dislivello di -12 metri.	10° 37' 18" 04	44° 35' 23" 54	327
292	POZZO MARGINALE DELLA DOLINA DEL POMO: ostruita per riempimento artificiale, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 9,5 metri e un dislivello di -9 metri.	10° 36' 58" 19	44° 35' 24" 03	353
295	BUCO DEL PRATICELLO: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 43 metri e un dislivello di -30 metri.	10° 36' 18" 49	44° 35' 22" 54	382
297	PONTE SUL RIO GROppo: distrutta per crollo, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 33 metri e un dislivello di 0 metri.	10° 36' 20" 30	44° 35' 38" 75	272
299	BUCO A NORD-EST DI MONTE LUNETTA: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 7 metri e un dislivello di -7 metri.	10° 36' 23" 00	44° 35' 31" 29	352
301	INGHIOTTITOIO A EST DELLA TANA DI GESSO CASTELLONE: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 23 metri e un dislivello di -14 metri.	10° 35' 39" 54	44° 35' 32" 10	284
302	INGHIOTTITOIO A NORD-EST DELLA TANA DI GESSO CASTELLONE: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 11 metri e un dislivello di -8 metri.	10° 35' 38" 18	44° 35' 31" 62	278
303	INGHIOTTITOIO A NORD-OVEST DELLA TANA DI GESSO CASTELLONE: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 10 metri e un dislivello di -6 metri.	10° 35' 37" 50	44° 35' 31" 46	276
307	POZZO AL RIFUGIO PARTIGIANO PRESSO L'INGHIOTTITOIO DI MONTE GESSO: ostruita per crollo, catastata nel 1953 con uno sviluppo di 5 metri e un dislivello di -4 metri.	10° 36' 38" 34	44° 35' 27" 40	387
309	BUCO DEL CACCIATORE PRESSO CA' SPERANZA: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 senza indicazioni di sviluppo e dislivello.	10° 36' 45" 33	44° 35' 24" 48	372
310	INGHIOTTITOIO A EST DI MONTE GESSO: occlusa per interrimento, catastata con uno sviluppo di 6 metri e un dislivello di -4 metri.	10° 36' 38" 80	44° 35' 26" 75	373
334	INGHIOTTITOIO NELLA I' DOLINA A OVEST DI MONTE CROCE: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 6 metri e un dislivello di -5 metri.	10° 34' 57" 30	44° 35' 25" 94	315
335	INGHIOTTITOIO NELLA II' DOLINA A OVEST DI MONTE CROCE: occlusa per interrimento, catastata nel 1954 con uno sviluppo di 12 metri e un dislivello di -12 metri.	10° 34' 56" 84	44° 35' 26" 10	316
487	BUCO DEL GRANO: occlusa per interrimento, catastata nel 1969 con uno sviluppo di 8 metri e un dislivello di -8 metri.	10° 36' 13" 33	44° 35' 41" 18	290

Bibliografia

- AA.VV., 1953 - Annuario 1953. Gruppo Grotte "Pellegriano Strobel" Parma; 1954
- AA.VV., 1980 - Il catasto delle cavità naturali dell'Emilia Romagna. Regione Emilia Romagna - Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna; 1980
- AA.VV., 1986/88- Catasto delle cavità naturali dell'Emilia Romagna. Regione Emilia Romagna - Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna; 1986-1987-1988, Volumi 1,2,3
- AA.VV., 1988 - Guida alla speleologia nel reggiano. Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia, 1988
- CATELLANI C., 1983 - Storia e folklore. Ipoantropo n.1; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1983, 10-13
- CHIESI M. - Complesso carsismo Ca' Speranza Mussina. Ipoantropo n.0; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1982, 8-11
- CHIESI M. - Tana della Mussina di Borzano. Ipoantropo n.2; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1984, 6-8
- CHIESI M., FERRARI C., FORMELLA W., 1986 - Il carsismo degli affioramenti messiniani di Ca' Scaparra (RE). Ipoantropo n.4; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1986, 12-21
- CHIESI M., FORMELLA W., 1987 - Inghiottitoio di Ca' Speranza. Guida alle più note cavità dell'Emilia Romagna; Ipoantropo n.5; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1987, 27-38
- CREMASCHI M., 1971 - Il punto sulla Tana della Mussina di Borzano. Bollettino attività G.S.P.G.C. di RE, 1971, 64-76
- MALAVOLTI F., TRANI R., BERTOLANI M., BERTOLANI MARCHETTI D., MOSCARDINI C., 1954 - La zona speleologica del basso appennino reggiano. Comitato scientifico del C.A.I. Modena; Estratto da "Atti del VI Congresso Nazionale di speleologia" Trieste, 1954
- MATTIOLI E., 1996 - I gessi messiniani di Albinea "Un parco sopra e sotto". Speleologia Emiliana n.7 Rivista della Federazione Speleologica dell'Emilia Romagna, 1996, 5-6

ER-RE 11

BUCO DEL CORNALE

Località: Castello di Borzano (Albinea)

Rilievo

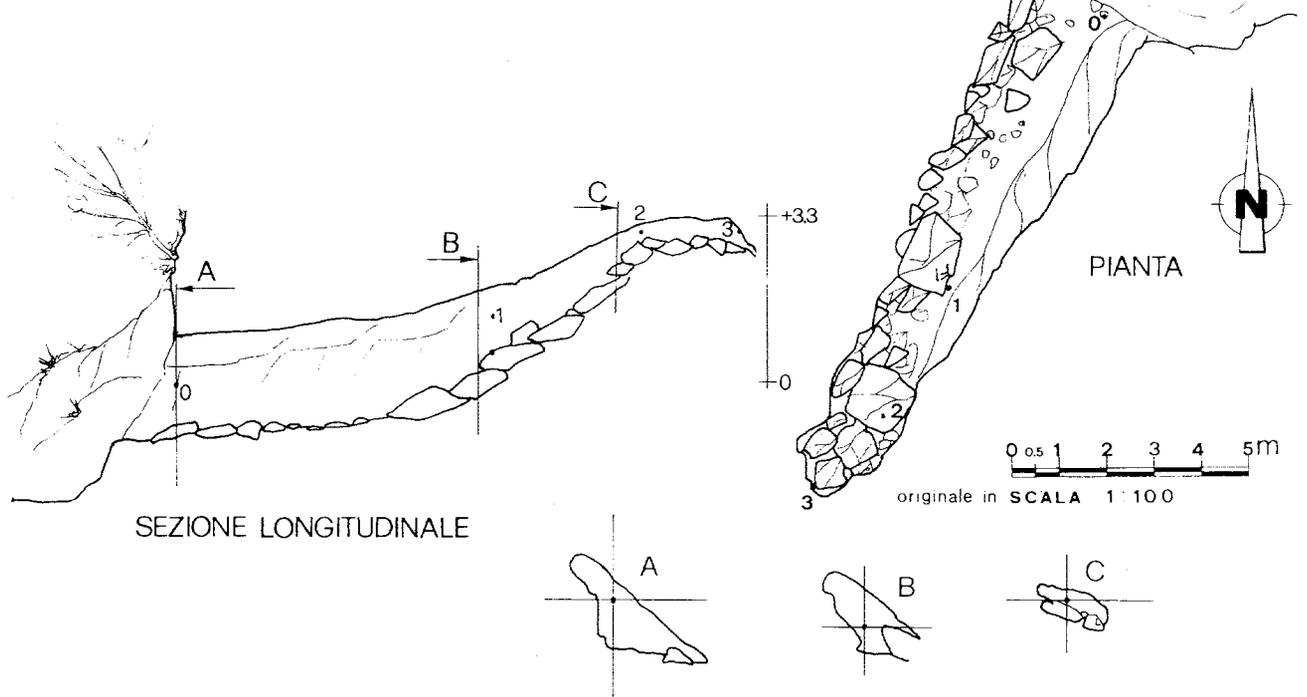
Sviluppo 12 m - Dislivello +33 m - Quota 298 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Catellani C. - Formella W. - Sartorelli P.

Giugno 1986

Disegno: Catellani C. - Franchi M.



ER-RE 85

GROTTICELLA SOPRA LA TANA DELLA MUSSINA

Località: Castello di Borzano (Albinea)

Rilievo

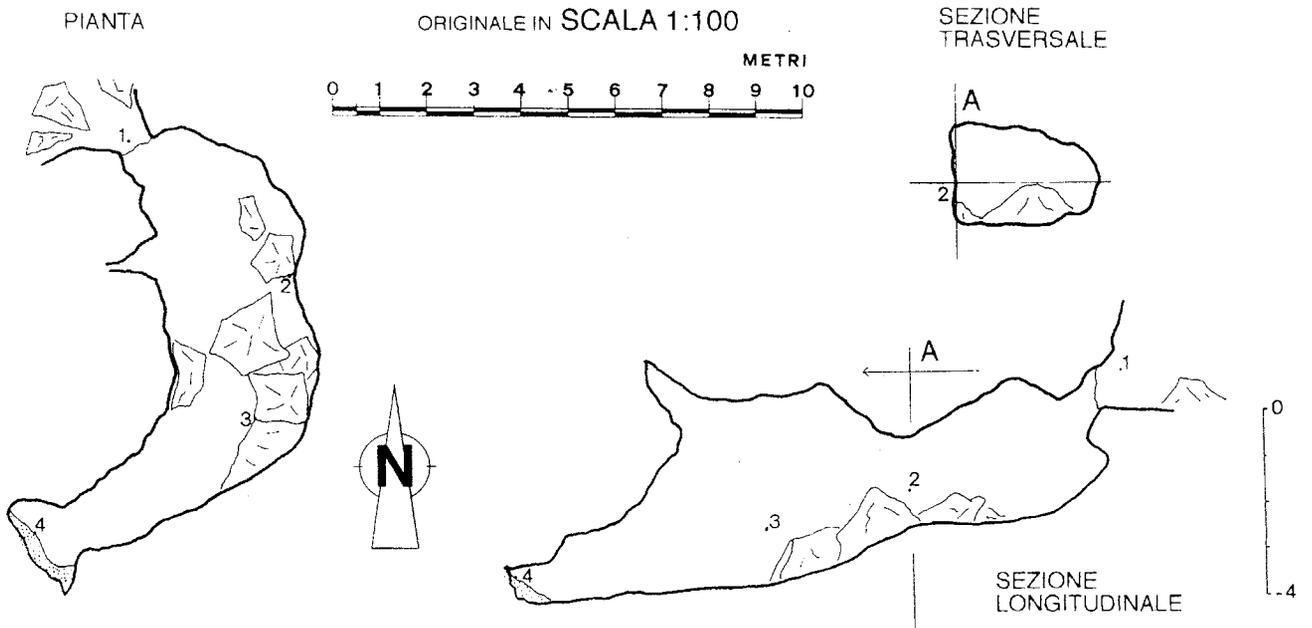
Sviluppo 14 m - Dislivello -4 m - Quota 289 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Domenichini M. - Levrini E.

Agosto 1997

Disegno: Barbieri M.



ER-RE 12

TANA DELLA MUSSINA DI MONTERICCO

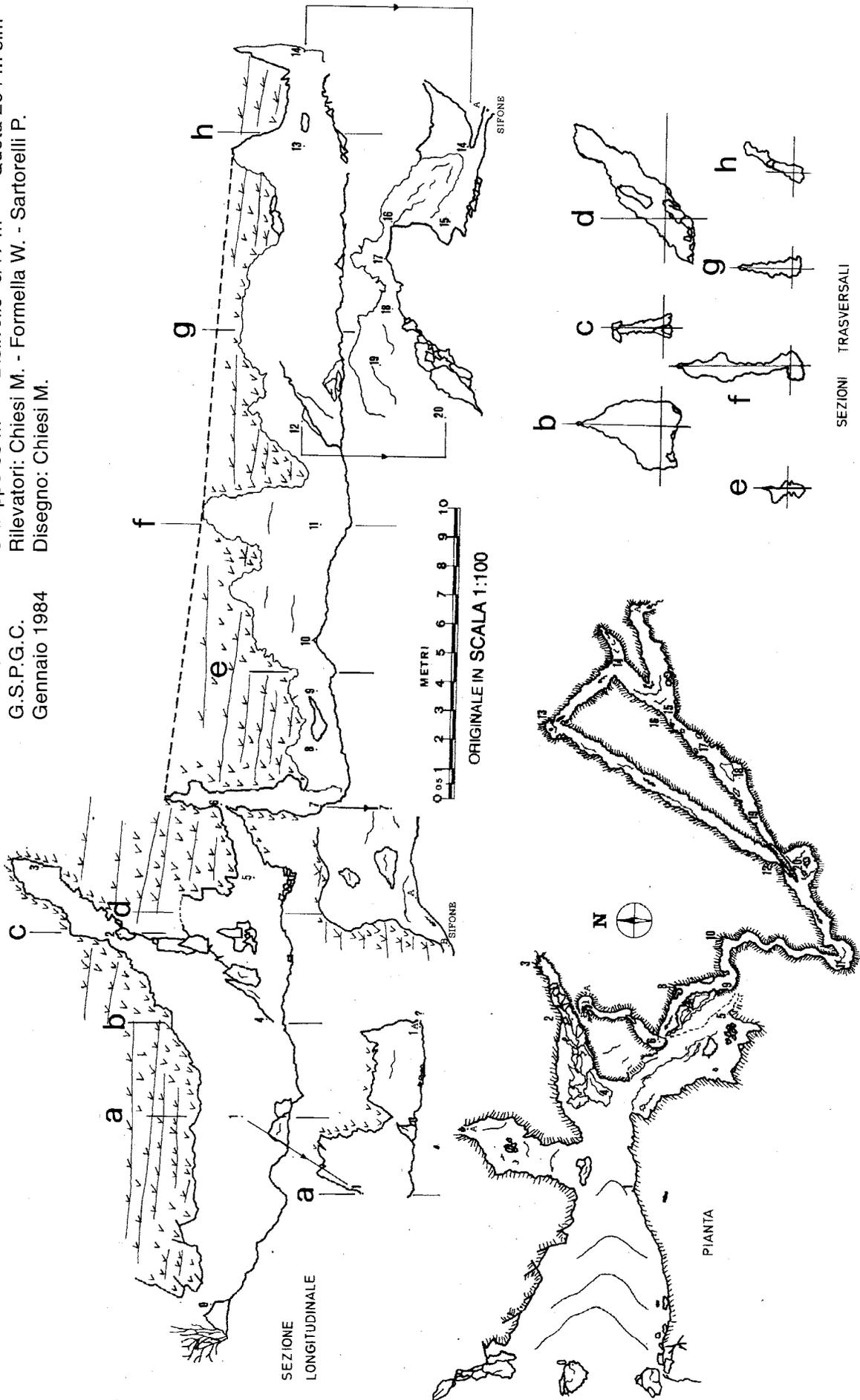
Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Sviluppo 85 m - Dislivello -6/+7 m - Quota 264 m slm

Rilevatori: Chiesi M. - Formella W. - Sartorelli P.

Disegno: Chiesi M.

Rilievo
G.S.P.G.C.
Gennaio 1984



ER-RE 87 INGHIOTTITOIO DELLA VALLE CHIUSA DELLE BUDRIE

Località: Ca' Speranza (Albinea)

Rilievo

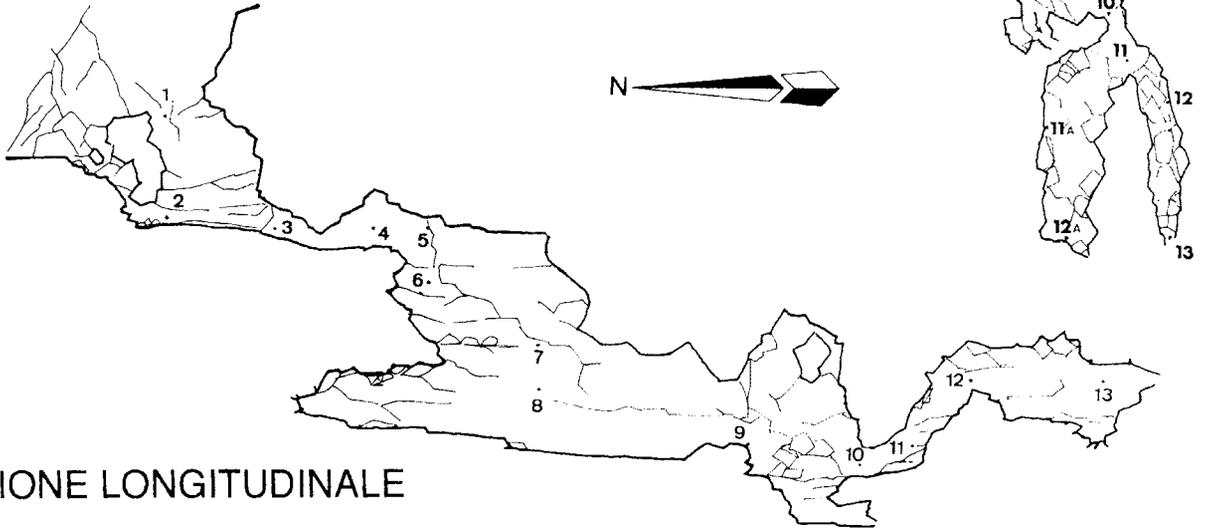
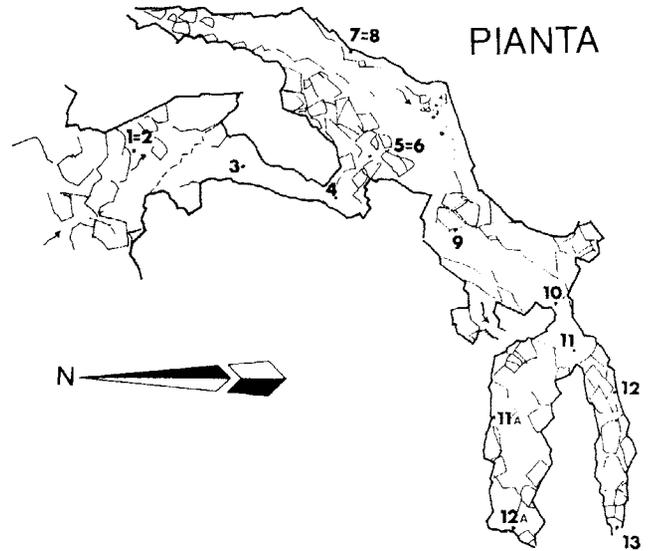
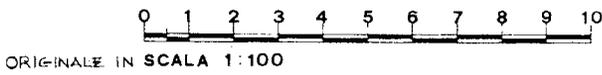
Sviluppo 33 m - Dislivello -9 m - Quota 318 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Formella W. - Neviani M.

Luglio 1994

Disegno: Formella W.



ER-RE 215 BUCA SOTTO S.GIOVANNI DI BORZANO

Località: Castello di Borzano (Albinea)

Rilievo

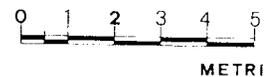
Sviluppo 9 m - Dislivello -6,5 m - Quota 267 m slm

G.S.P.G.C.

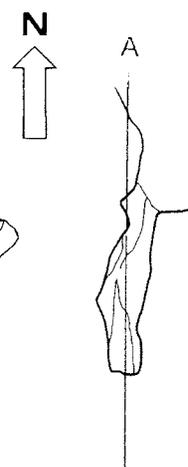
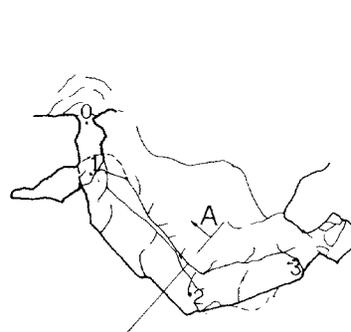
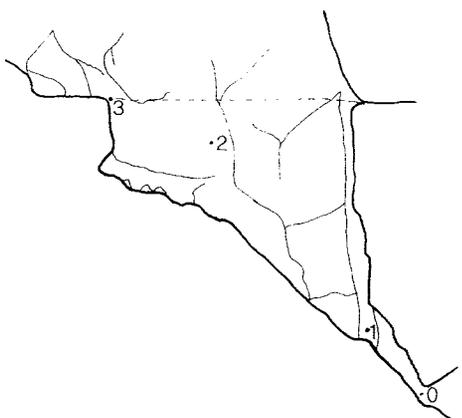
Rilevatori: Chiesi M. - Formella W.

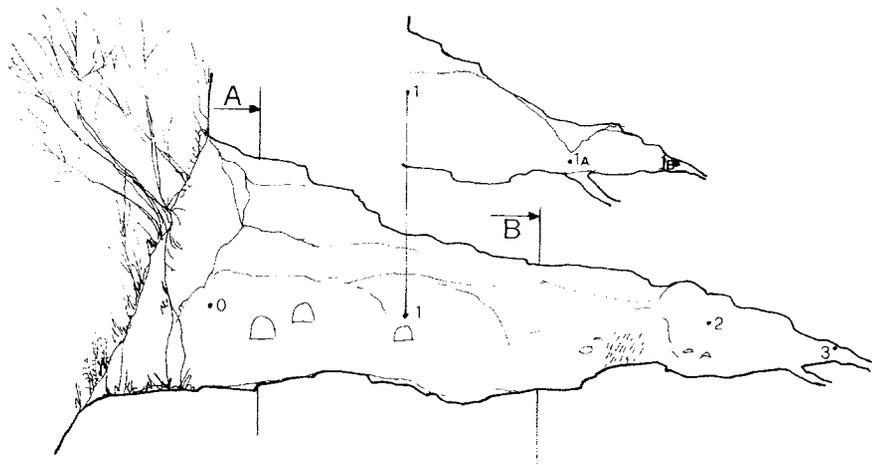
Maggio 1987

Disegno: Formella W.



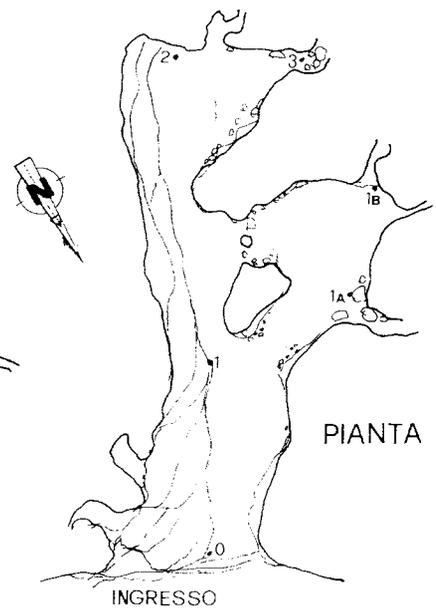
ORIGINALE IN SCALA 1:100





SEZIONE LONGITUDINALE

0 1 2 3 4 5
SCALA 1 100 METRI



PIANTA

INGRESSO

ER-RE 91

TANA DI GESSO CASTELLONE

Località: Gesso Castellone (Albinea)

Rilievo

Sviluppo 19 m - Dislivello 0 m - Quota 284 m slm

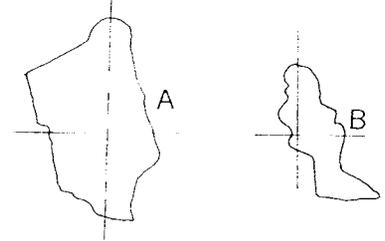
G.S.P.G.C.

Rilevatori: Catellani C. - Manetti R. - Salsi M.

Giugno 1988

Disegno: Catellani C. - Manetti R.

SEZIONI TRASVERSALI



ER-RE 290

BUCO DEL GINEPRO

Località: Castello di Borzano (Albinea)

Rilievo

Sviluppo 16 m - Dislivello -9 m - Quota 322 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Domenichini M. - Levrini E.

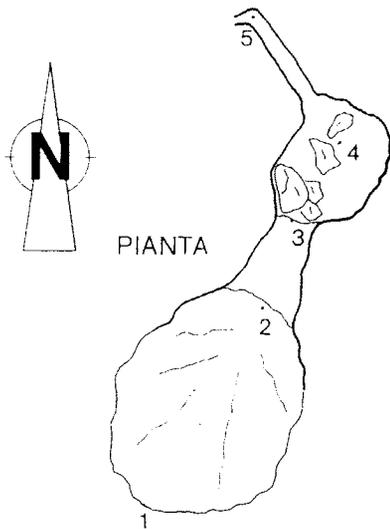
Agosto 1997

Disegno: Barbieri M.

ORIGINALE IN SCALA 1:100

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 METRI

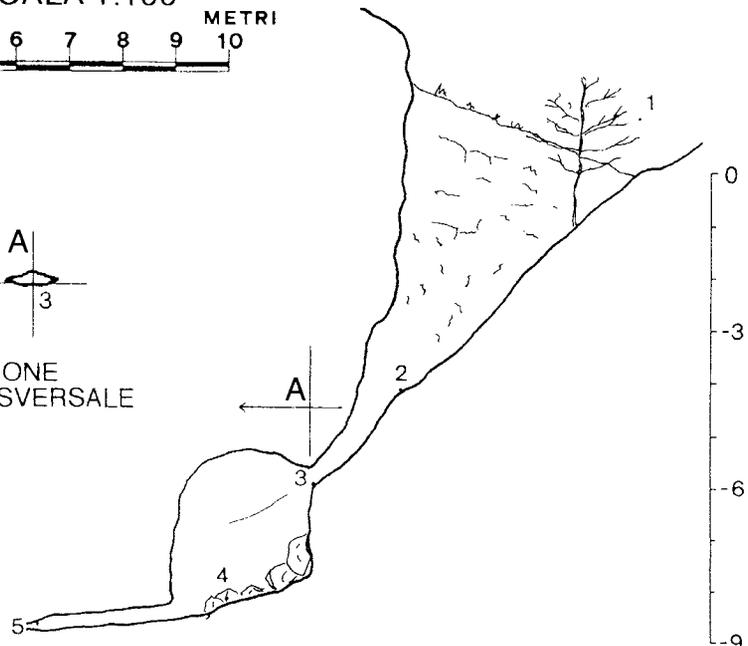
SEZIONE LONGITUDINALE



PIANTA



SEZIONE TRASVERSALE



ER-RE 136

GROTTA DEI MASSI CADUTI

Località: Monte Gesso (Albinea)

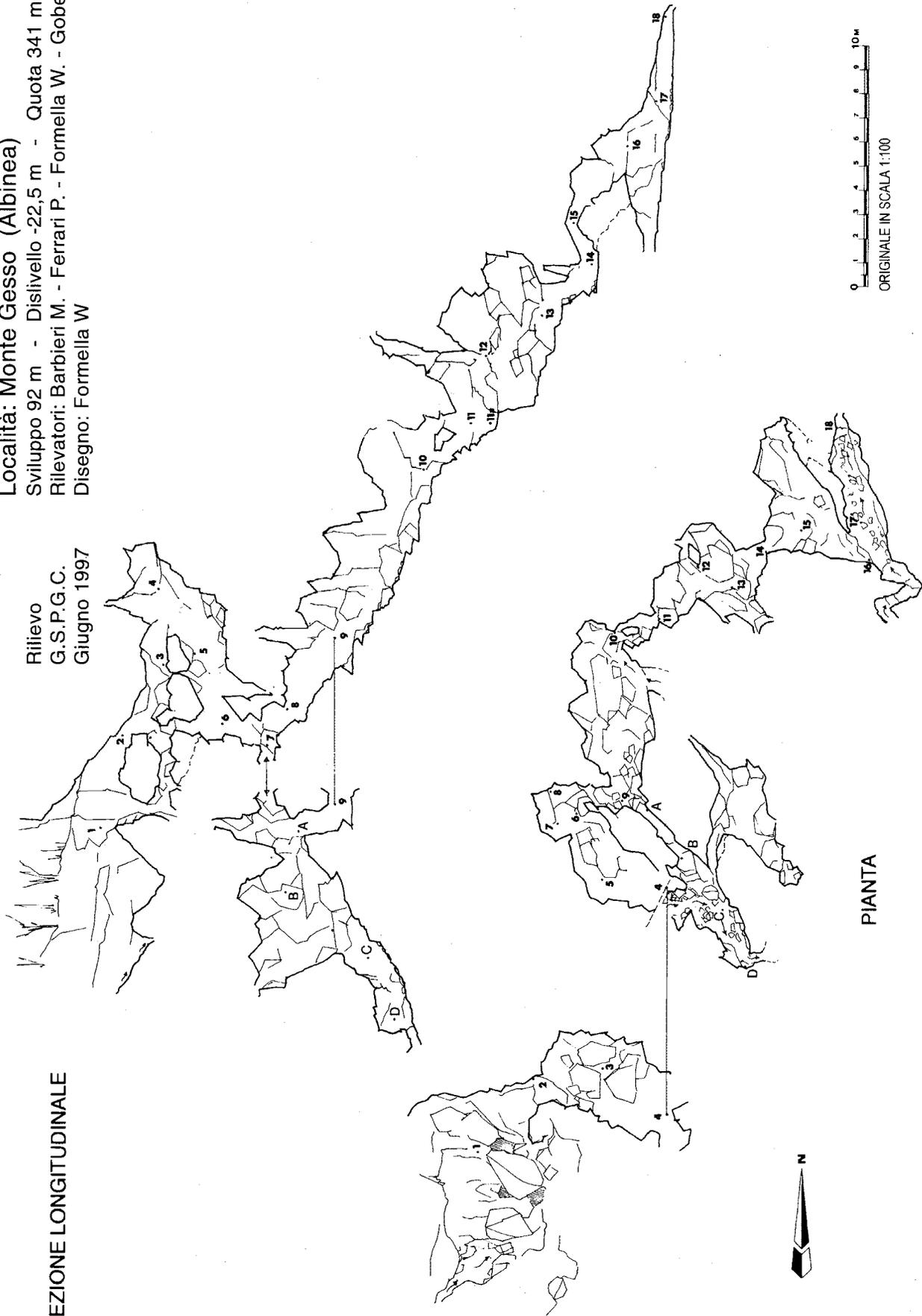
Sviluppo 92 m - Dislivello -22,5 m - Quota 341 m slm

Rilevatori: Barbieri M. - Ferrari P. - Formella W. - Gobetti L.

Disegno: Formella W

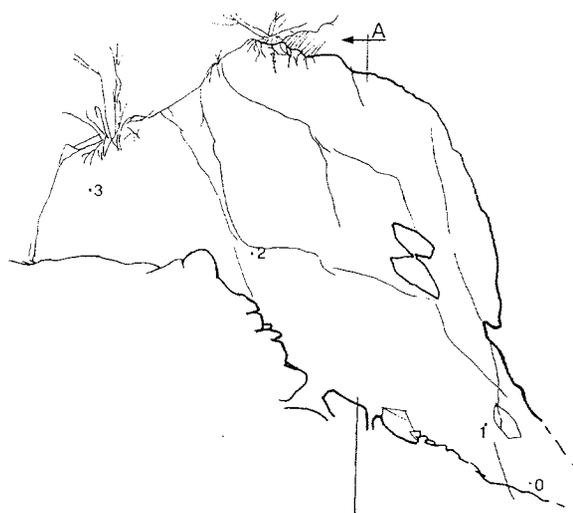
Rilievo
G.S.P.G.C.
Giugno 1997

SEZIONE LONGITUDINALE

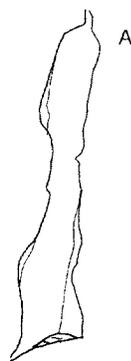


PIANTA

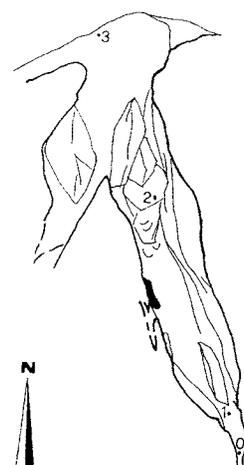




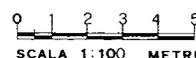
SEZIONE LONGITUDINALE



SEZIONE TRASVERSALE



PIANTA



SCALA 1:100 METRI

ER-RE 296

BUCO DELLA FORRA

Località: Monte Gesso (Albinea)

Rilievo

Sviluppo 15 m - Dislivello -6,5 m - Quota 367 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Catellani C. - Davoli A. - Manetti R.

Gennaio 1987

Disegno: Catellani C.

ER-RE 298

BUCO A MONTE DELLA MUSSINA DI MONTERICCO

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Rilievo

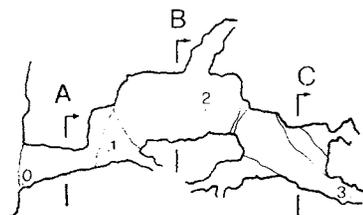
Sviluppo 13,5 m - Dislivello +3 m - Quota 278 m slm

G.S.P.G.C.

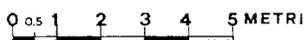
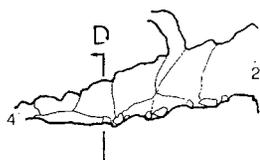
Rilevatori: Casadei A. - Catellani C.

Marzo 1985

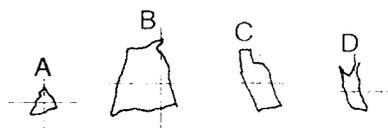
Disegno: Catellani C.



SEZ. LONGITUDINALE



ORIGINALE IN SCALA 1:100



PIANTA

ER-RE 304

RISORGENTE DEI RONCHI

Località: Monte Croce (Albinea)

Sviluppo 117 m - Dislivello +6 m - Quota 260 m slm

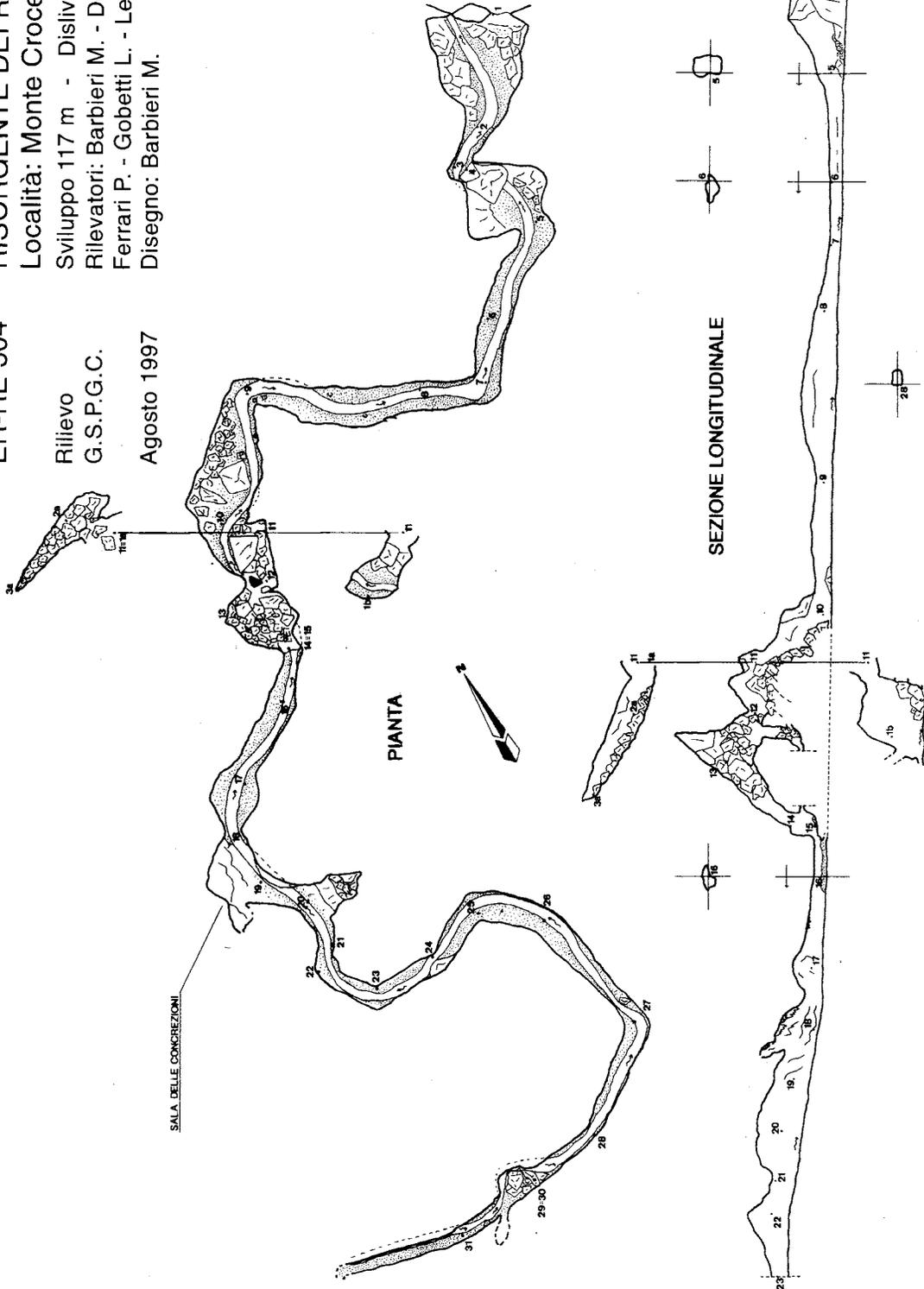
Rilevatori: Barbieri M. - Domenichini M. - Ferrari M.

Ferrari P. - Gobetti L. - Levvini E. - Panconi A.

Disegno: Barbieri M.

Rilievo
G.S.P.G.C.

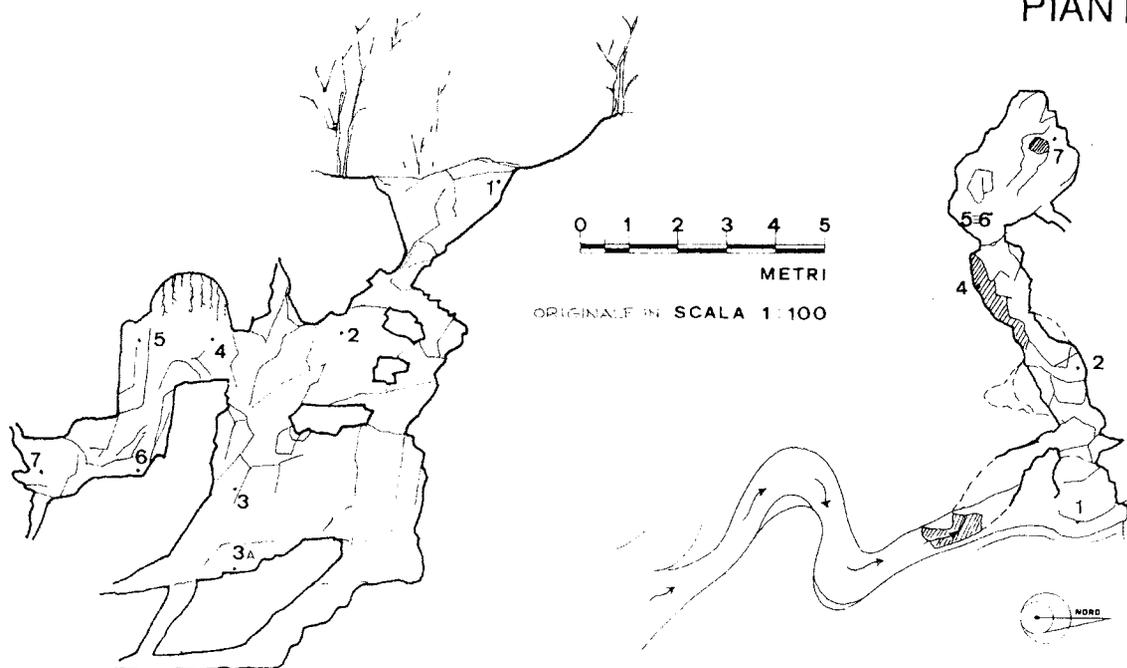
Agosto 1997



METRI
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
ORIGINALE IN SCALA 1:100

SEZIONE LONGITUDINALE

PIANTA



ER-RE 305

GROTTA DEL LAVEZZA

Località: Gesso Castellone (Albinea)

Rilievo

Sviluppo 25 m - Dislivello -10 m - Quota 281 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Casadei A. - Formella W. - Malvasi C.

Settembre 1997

Disegno: Formella W.

ER-RE 306

GROTTA A EST DI CASA GESSO CASTELLONE

Località: Gesso Castellone (Albinea)

Rilievo

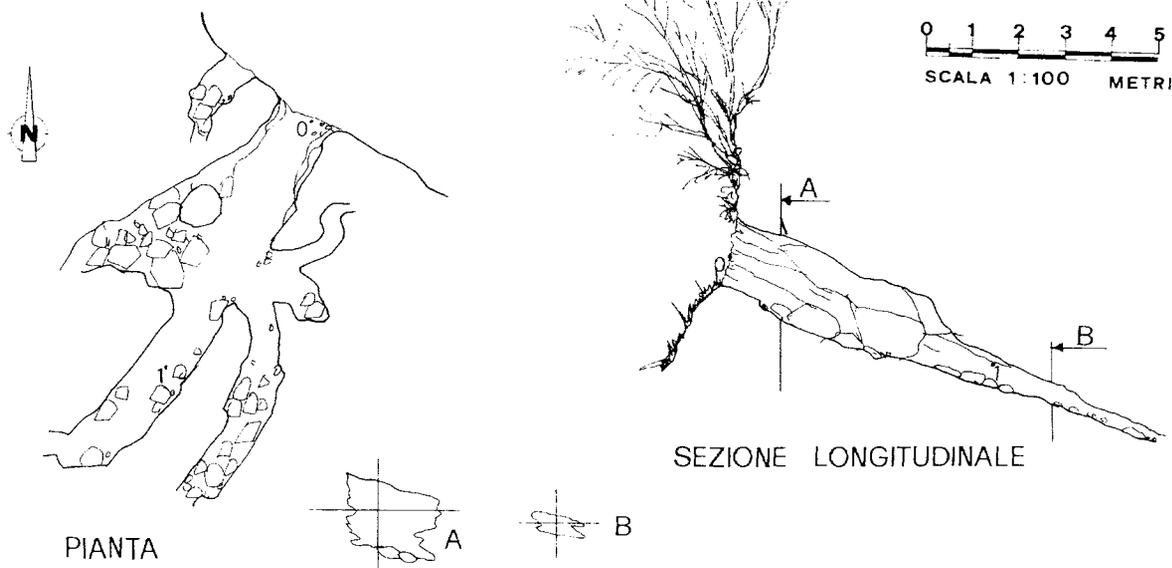
Sviluppo 10 m - Dislivello -3 m - Quota 290 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Catellani C. - Formella W.

Giugno 1988

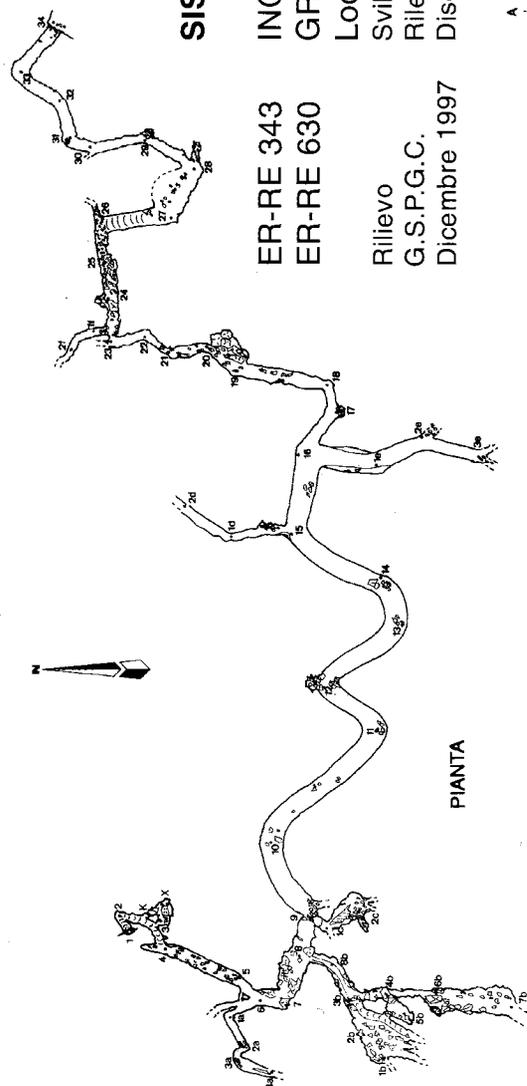
Disegno: Catellani C.



SEZIONE LONGITUDINALE

PIANTA

SEZIONI TRASVERSALI



SISTEMA CARSIICO DEI FARAONI

**INGHIOTTITOIO DI CA' SCAPARRA
GROTTA DEI FARAONI**

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Sviluppo 251 m - Dislivello +/-18 m

Rilevatori: Domenichini M. - Levrini E. - Malavasi C. - Panconi A.

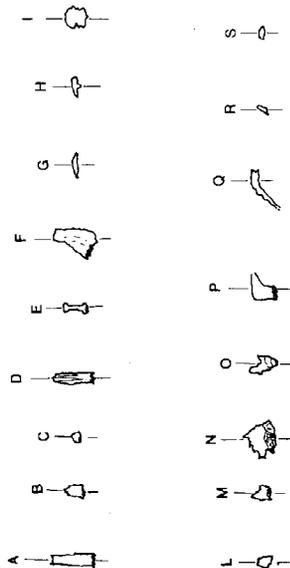
Disegno: Levrini E.

ER-RE 343
ER-RE 630

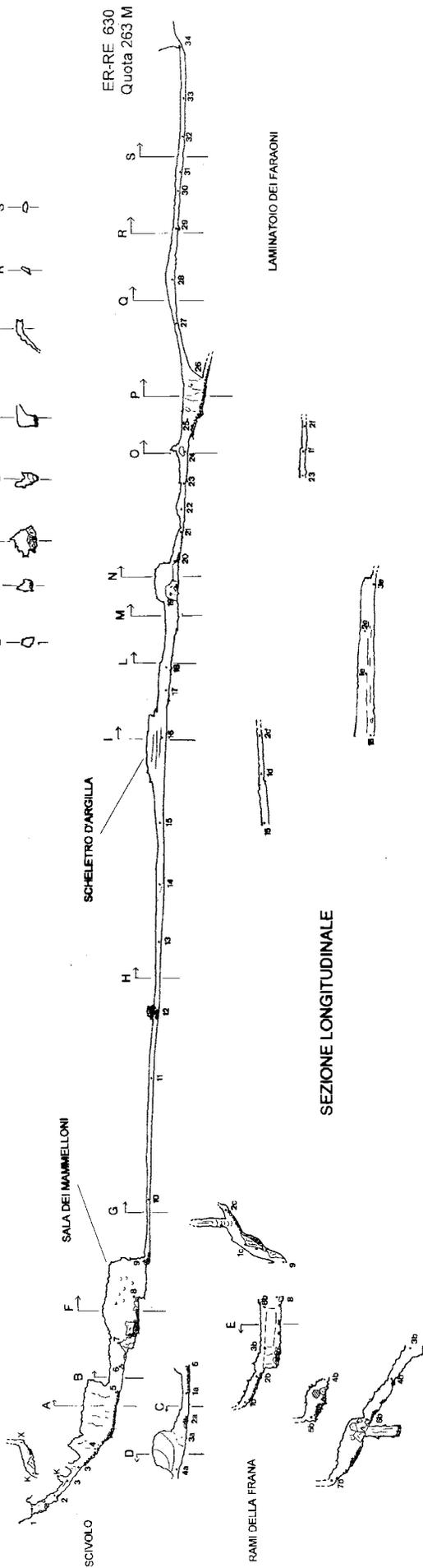
Rilievo
G.S.P.G.C.
Dicembre 1997

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
ORIGINALE IN SCALA 1:200 M

**SEZIONI
TRASVERSALI**



ER-RE 343
Quota 278 M



SEZIONE LONGITUDINALE

LAMINATOIO DEI FARAONI

ER-RE 630
Quota 263 M

ER-RE 486

GROTTA NUOVA DI CA' SCAPARRA

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Sviluppo 155 m - Dislivello -40 m - Quota 300 m sim

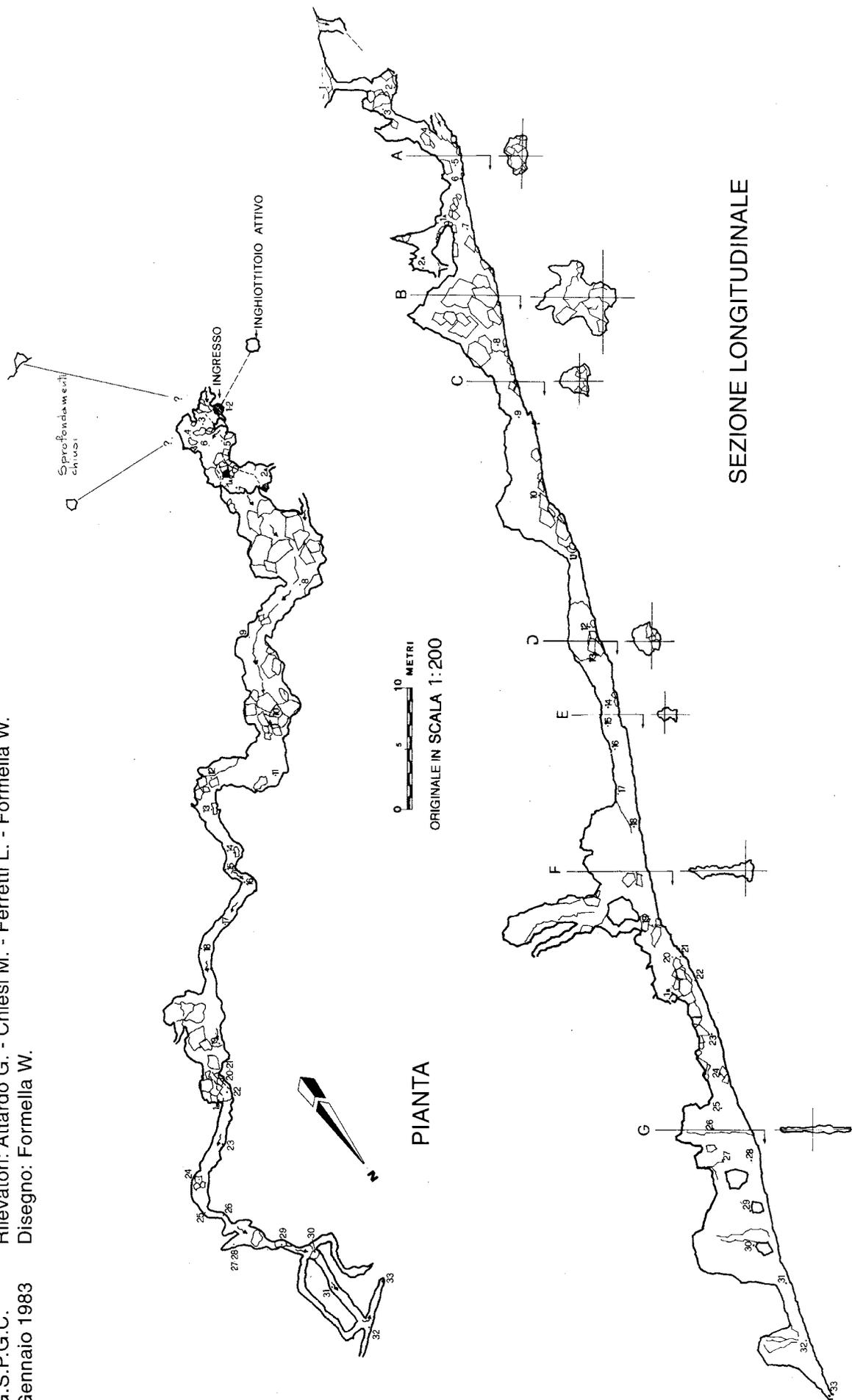
Rilevatori: Attardo G. - Chiesi M. - Ferretti L. - Formella W.

Disegno: Formella W.

Rilievo

G.S.P.G.C.

Gennaio 1983





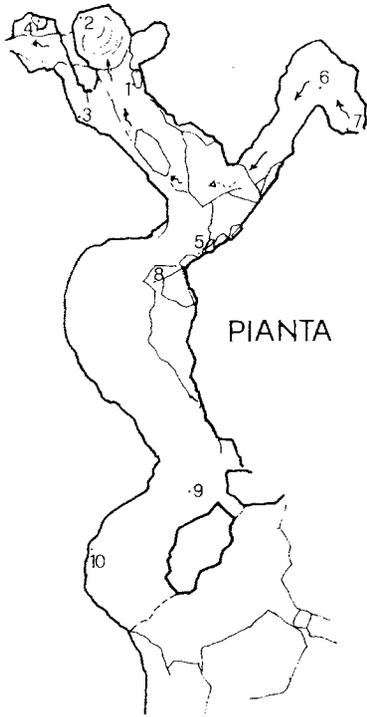
ER-RE 342

TANA DEL TASSO

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Rilievo
G.S.P.G.C.
Gennaio 1983

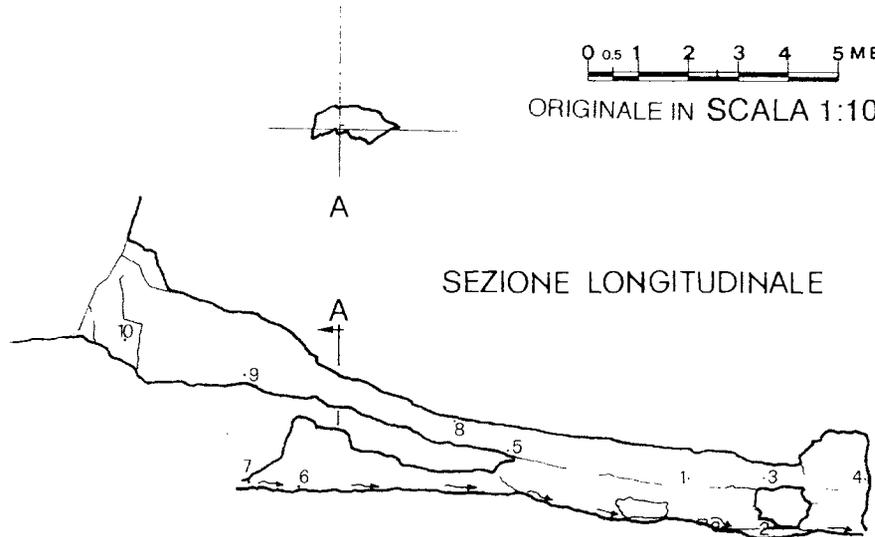
Sviluppo 21 m - Dislivello -3,5 m - Quota 260 m slm
Rilevatori: Formella W. - Picciati M.
Disegno: Formella W.



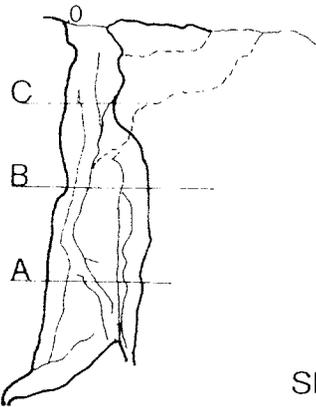
PIANTA

0 0,5 1 2 3 4 5 METRI

ORIGINALE IN SCALA 1:100



SEZIONE LONGITUDINALE



C

B

A



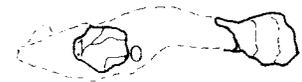
C



B



A



PIANTA

SEZIONI TRASVERSALI

SEZIONE LONGITUDINALE

ER-RE 637

GROTTA DELL'ASPARAGO

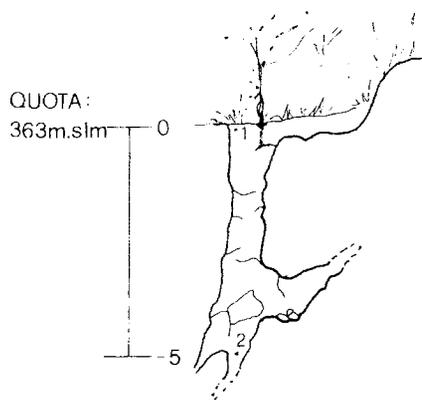
Località: Ca' Speranza (Albinea)

Rilievo
G.S.P.G.C.
Marzo 1988

Sviluppo 7,5 m - Dislivello -7 m - Quota 380 m slm
Rilevatori: Formella W.
Disegno: Formella W.

0 1 2 3 4 5
METRI





SEZIONE LONGITUDINALE



PIANTA



ER-RE 647

POZZO PER LA SPERANZA

Località: Ca' Speranza (Albinea)

Rilievo

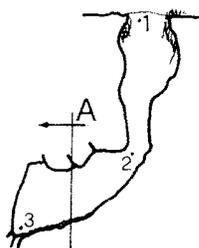
Sviluppo 7 m - Dislivello -5 m - Quota 363 m slm

G.S.P.G.C.

Rilevatori: Formella W.

Gennaio 1987

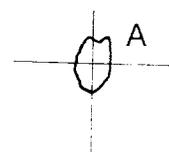
Disegno: Formella W.



SEZIONE LONGITUDINALE



PIANTA



SEZIONE TRASVERSALE

ER-RE 648

BUCO SUL SENTIERO PER LA SPERANZA

Località: Ca' Speranza (Albinea)

Rilievo

Sviluppo 5 m - Dislivello -4m - Quota 366 m slm

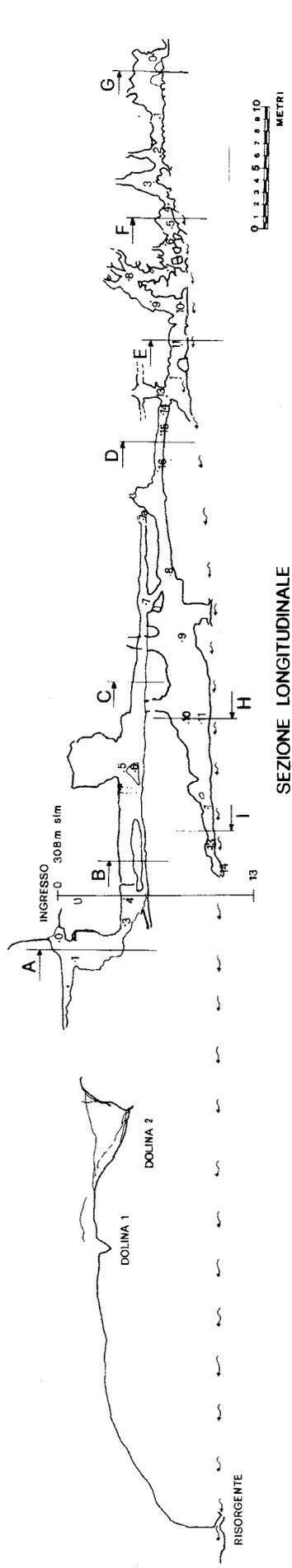
G.S.P.G.C.

Rilevatori: Bonzanini P. - Manetti R.

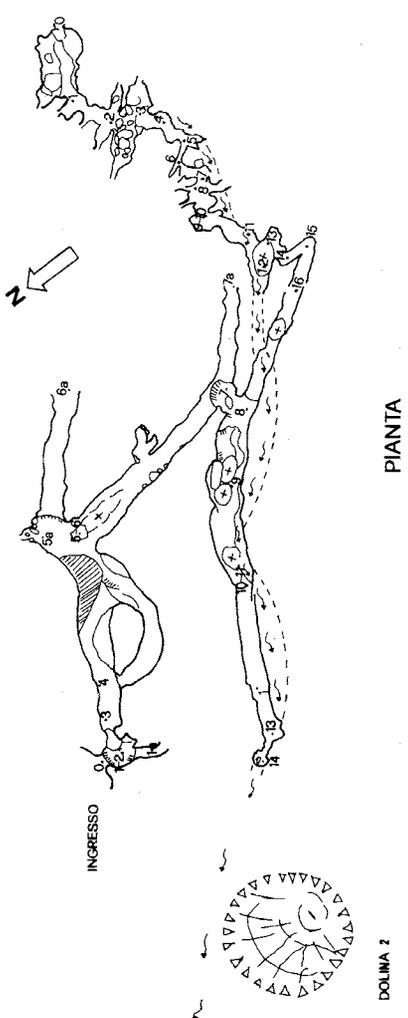
Gennaio 1987

Disegno: Manetti R.



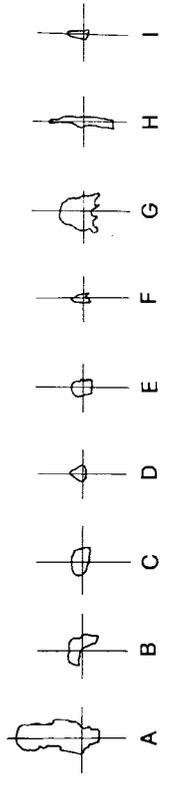


SEZIONE LONGITUDINALE



PIANTA

SEZIONI TRASVERSALE



ER-RE 667 RISORGENTE DEL RIO GROppo

(Grotta Fausto Verzelloni)

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Sviluppo 137 m - Dislivello -13 m - Quota 308 m slm

Rilevatori: Catellani C. - Formella W. - Manetti R.

Disegno: Catellani C.

Rilievo
G.S.P.G.C.
Luglio 1986

ER-RE 786

POZZO SUL RIO GROppo (CARLAFFO)

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Sviluppo 50 m - Dislivello -13m - Quota 270 m slm

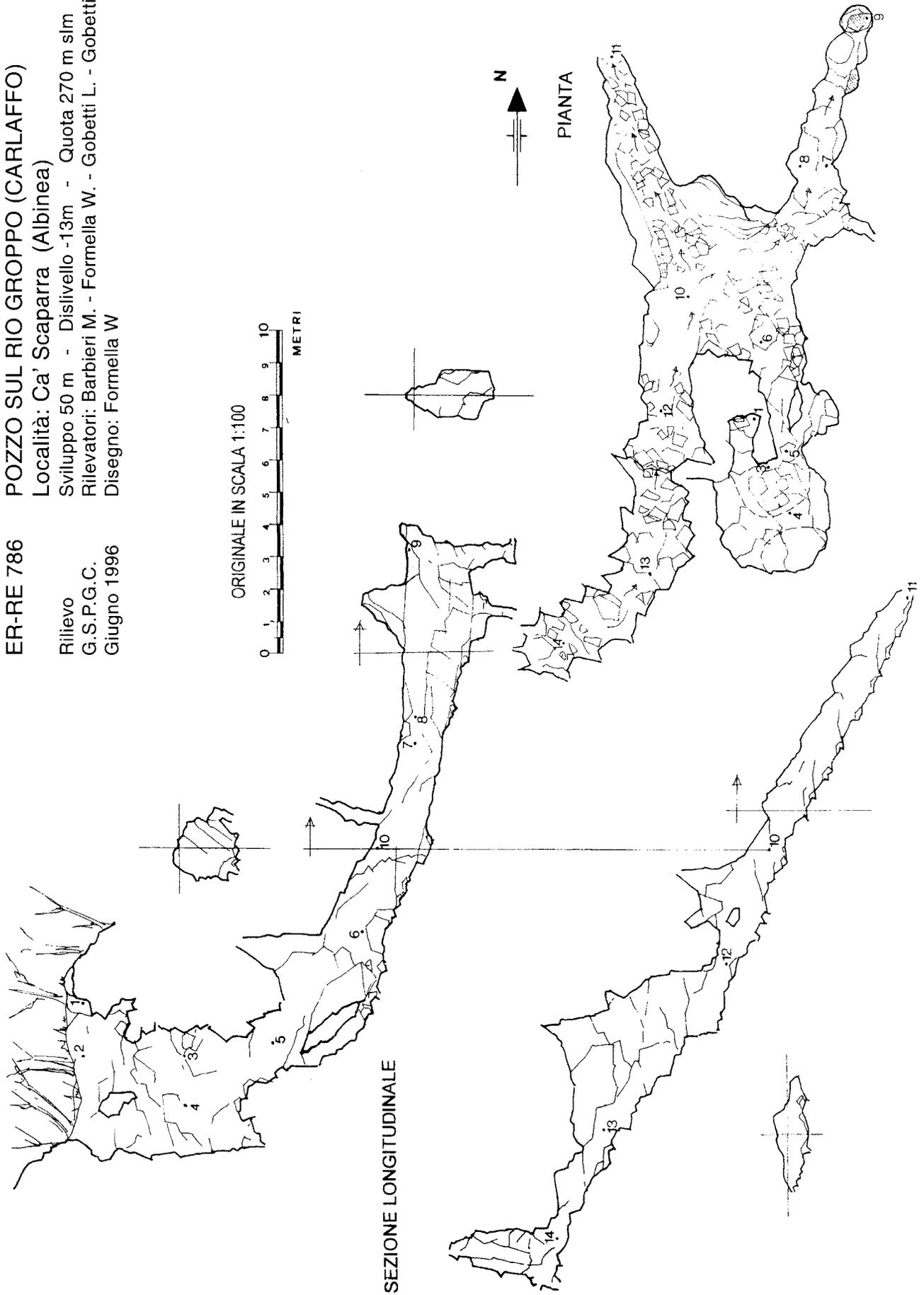
Rilevatori: Barbieri M. - Formella W. - Gobetti L. - Gobetti M.

Disegno: Formella W

Rilievo

G.S.P.G.C.

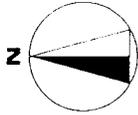
Giugno 1996



SEZIONE
LONGITUDINALE

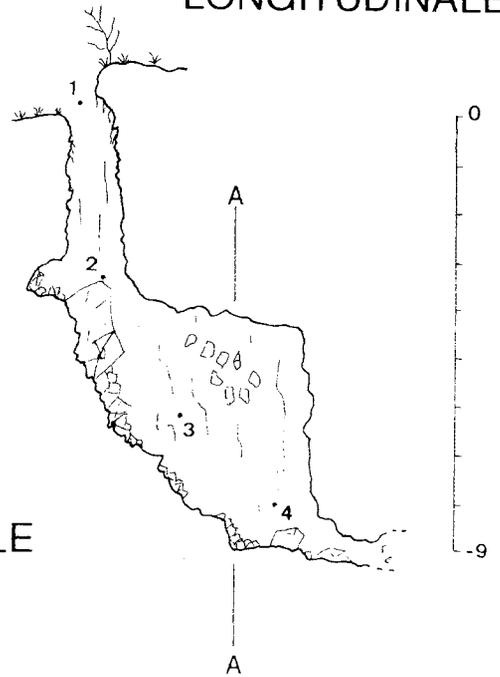


PIANTA



SEZIONE
TRASVERSALE

SEZIONE
LONGITUDINALE



Originale in SCALA 1:100

ER-RE 798 POZZO DELLA DOLINA DI CA' SCAPARRA

Località: Ca' Scaparra (Albinea)

Rilievo Sviluppo 11 m - Dislivello -9 m - Quota 276 m slm

G.S.P.G.C. Rilevatori: Levrini E. - Panconi A.

Novembre 1997 Disegno: Levrini E.

INFLUENZA DELLA TETTONICA SULL'EVOLUZIONE MORFOLOGICA EPI- ED IPOGEA NELL'AREA CARSIKA DI BORZANO (Com. Albinea - Prov. Reggio Emilia)

Massimo Barbieri^{1, 2}, Antonio Rossi^{1, 3}

Riassunto

La stretta relazione fra lineamenti tettonici regionali e carsismo epi- ed ipogeo, è stata ampiamente dimostrata da numerosi Autori. L'importanza di tale legame viene ulteriormente accertata ed approfondita nella presente ricerca attraverso un confronto analitico tra le direttrici tettoniche, le più evidenti manifestazioni morfologiche superficiali presenti nell'area e le direzioni di sviluppo sia del complesso ipogeo "Speranza-Mussina" che delle cavità presenti nella contigua area carsica di Ca' Scaparra, posta all'interno del piccolo bacino imbrifero del Rio Groppo localizzato a Nord dei rilievi di Monte Gesso e di Monte Lunetta (Borzano di Albinea - Basso Appennino Reggiano). Parimenti viene proposta una interpretazione della particolare forma irregolare di molte delle doline presenti nella zona nonché della loro collocazione topografica.

Parole chiave: lineamenti tettonici, strutture carsiche superficiali ed ipogee

Abstract

The relationship between tectonic regional lineaments and karst phenomena epi- and hypogeous was largely demonstrated by numerous Authors. The importance of this connection, will be closely investigated in the present work, through the analytic comparison between tectonic lineaments, the most important morphological surface manifestations of the area, and the length of the hypogeous system "Speranza-Mussina" and the caves in the neighbouring Ca' Scaparra's karst area located in the small drainage basin of the Rio Groppo placed at North of the Gesso Month and of the Lunetta Month (Borzano of Albinea - Northern Appennines - Reggio Emilia - Italy) We will

try to explain likewise the particular shape of most of the dolines of the area and their geographic location.

Key words: tectonic lineaments, epi- and hypogeous karst phenomena

Introduzione

L'area studiata è ubicata lungo il margine padano dell'Appennino settentrionale e comprende uno dei principali affioramenti di rocce evaporitiche messiniane del territorio reggiano (BERTOLANI & ROSSI, 1988). Essa è delimitata ad Est dal torrente Lodola, a Sud dal crinale su cui è situato l'abitato di Ca' del Vento, a Ovest dalla strada che collega gli agglomerati rurali di Casa Raffaella e Casa Scaparra e, a Nord, dalla fascia pedemontana interposta tra le prime propaggini collinari appenniniche e la Pianura Padana. Localmente i due principali rilievi sono il Monte Gesso (417 m.s.l.m.) e il Monte Lunetta (385 m.s.l.m.).

Il paesaggio, in questa zona, risulta la sintesi diretta delle caratteristiche geolitologiche del substrato, in netta prevalenza gessoso, e della secolare azione modellatrice esercitata dal lavoro dell'uomo. Qua convivono, più o meno in equilibrio, diverse componenti antropiche e naturali: accanto alle forme del paesaggio carsico si trovano anche estesi coltivi, boschi cedui e borghi che attestano una locale e prolungata attività agricola ed insediativa umana (CHIESI & CILLONI, 1988).

1 Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli studi di Modena e Reggio Emilia

2 Gruppo Speleologico Paleontologico Gaetano Chierici - Reggio Emilia

3 Gruppo Speleologico Bolognese - CAI

Nella parte centro-orientale dell'area si sviluppa il sistema carsico Speranza-Mussina (CHIESI & FORMELLA, 1987) del quale fanno parte due fra le più importanti cavità dell'Appennino emiliano: l'Inghiottoio di Ca' Speranza (ER-RE138) e la Tana della Mussina di Borzano (ER-RE2); tale sistema ha uno sviluppo planimetrico di circa 2000 metri dei quali 1800 fisicamente percorribili

Nella parte occidentale invece più che di un unico complesso ipogeo si ha la presenza di varie cavità (CHIESI *et alii*, 1987), fra le quali sono da ricordare: la Tana della Mussina di Montericco (ER-RE 12) ed il Sistema Carsico dei Faraoni (ER-RE 343) (ER-RE 630); queste due strutture carsiche sotterranee si sviluppano complessivamente per quasi 350 metri (FORMELLA, 1988).

La zona studiata rientra nel Foglio 86 "Modena" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 (AA. VV., 1964) e nell'elemento San Giovanni (218044) della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo a scala 1:5.000 (AA. VV., 1997).

Tutti i numeri catastali che identificano le cavità sono quelli ufficiali riportati in: FEDERAZIONE SPELEOLOGICA REGIONALE DELL'EMILIA-ROMAGNA (1996).

Note geologico-strutturali del margine appenninico Padano

L'Appennino settentrionale, le cui principali direttrici strutturali hanno direzione NO-SE e NNE-SSO, costituisce un arco orogenetico con vergenza verso la Pianura Padana.

In esso vengono tradizionalmente distinti due insiemi di unità: uno esterno e uno interno.

Il primo, in rapporto alla traslazione e all'impilamento tettonico di numerose falde avvenuto soprattutto durante il Neogene, è co-

stituito da un segmento dello zoccolo continentale paleoafricano; mentre l'insieme delle unità interne, o Unità liguri, costituite da sedimenti depositatisi nella Neotetide, è paleogeograficamente collocato ad Ovest delle unità esterne (GASPERI, 1995).

Il fronte della catena appenninica è africavergente, cioè la vergenza delle strutture è verso NE per l'Appennino settentrionale, verso Est per l'Appennino centro-meridionale e verso Sud per la catena siciliana. Tale disposizione a ventaglio deriva dall'evoluzione tettonico-sedimentaria di diversi domini: il margine europeo, l'Oceano Ligure ed il margine africano (GASPERI, 1995).

La presenza di queste strutture tettoniche legate alla orogenesi appenninica ha profondamente condizionato le forme fisiche del territorio, sia per quanto riguarda i rilievi montuosi che i reticoli idrografici e, laddove il substrato roccioso lo permetteva, anche i fenomeni carsici epi- ed ipogei. In Figura 1 è riportata una sezione geologica schematica, tracciata attraverso l'Appennino settentrionale e parte della Pianura Padana, in cui è evidenziata la vergenza delle falde orogeniche verso NE.

Nella zona di Borzano di Albinea, in corrispondenza di contatti tettonici a Nord con le più recenti Argille grigio-azzurre plioceniche e a Sud con le più antiche formazioni cretatiche (Flysch di Monte Cassio, Argille Varicolori, Argille a Palombini), affiora la Formazione Gessoso-solfifera messiniana le cui rocce sono interpretate come il risultato di un evento catastrofico, protrattosi probabilmente per un arco di tempo di circa un milione di anni, che ha preso il nome di "crisi di salinità". Durante tale periodo, a causa dell'interruzione delle scarse vie di comunicazione con l'Oceano Atlantico situate a Nord e a Sud dell'attuale Stretto di Gibilterra, unitamente alla presenza di un generale clima caldo arido, il Mare Mediterraneo cominciò ad evaporare giungendo, come sostenuto da vari Autori (CITA, 1973; HSU,

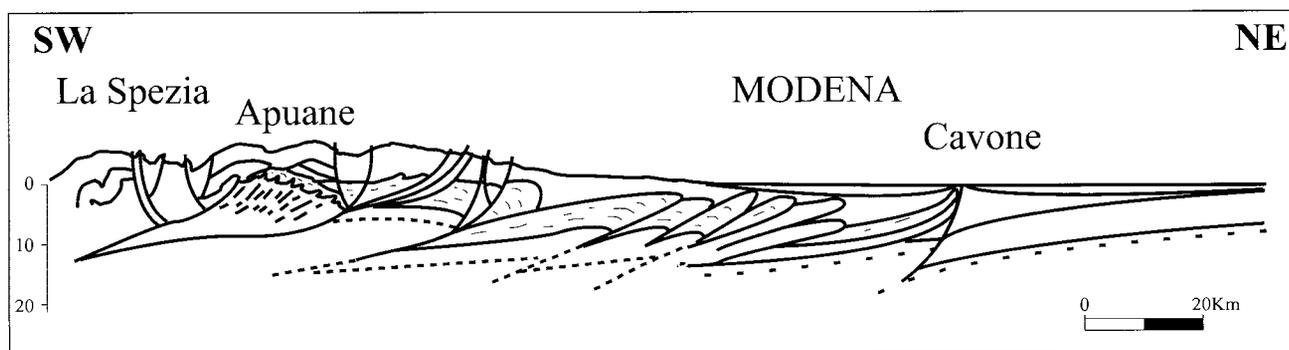


Figura 1 - Sezione geologica che evidenzia la vergenza delle falde orogeniche lungo la direttrice Appennino settentrionale - Pianura padana. (GASPERI, 1995 - Modificata).

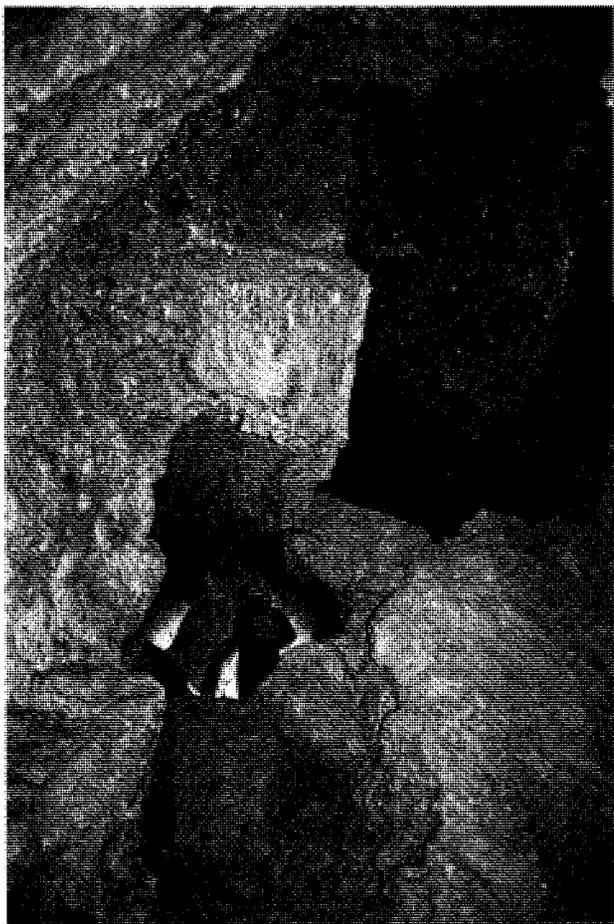


Foto 1 - Tana della Mussina di Borzano: sovrapposizione di bancate gessose entro cui si è sviluppato il sistema carsico. Sulla sinistra si intravede un potente riempimento clastico (Foto M. Chiesi).

1973; RICCI LUCCHI, 1973; RYAN, 1973), al suo completo disseccamento.

Si depositarono, in questo arco di tempo, centinaia di metri di rocce evaporitiche in gran parte costituite dai gessi che oggi affiorano lungo il margine appenninico padano e, sempre senza una continuità spaziale, anche lungo quello adriatico, quello ionico e quello tirrenico.

In corrispondenza delle colline reggiane, tale formazione evaporitica è rappresentata da una ristretta fascia di prevalenti rocce solfate stratificate e carsificate (Foto 1) la cui collocazione geografica e i cui assetti originari sono stati notevolmente sconnessi dalle azioni orogenetiche e tettoniche, in quest'area particolarmente intense e tali da rendere difficile una ricostruzione stratigrafica sicura.

Forma e allineamenti delle principali doline presenti nell'area carsica di Borzano (Figura 2)

In questa zona il paesaggio, profondamente legato nella sua evoluzione alla natura litologica

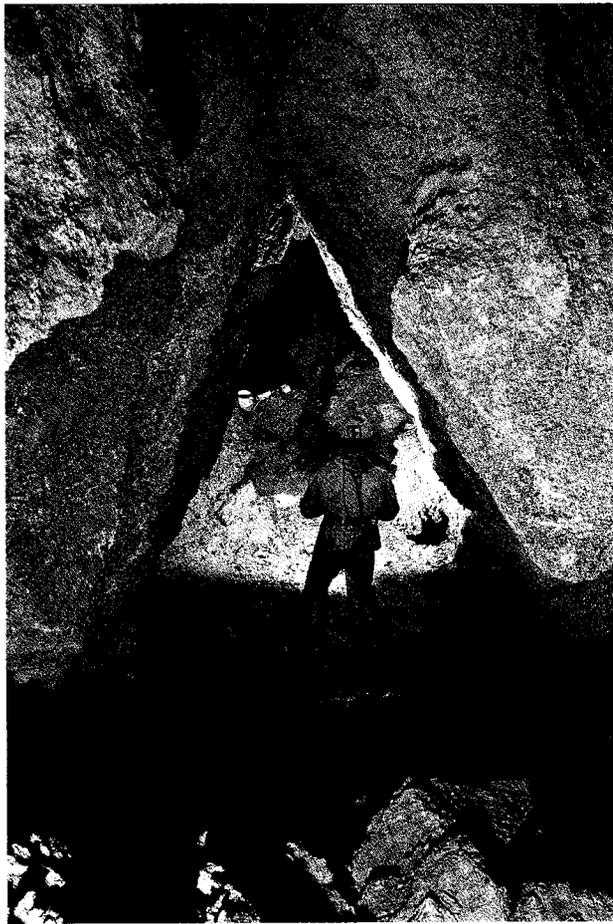


Foto 2 - Tana della Mussina di Borzano: caratteristica morfologia a cuneo dovuta all'incontro di una superficie di strato (a sinistra) con un piano tettonico (a destra) (Foto M. Chiesi).

e all'assetto stratigrafico del substrato, presenta peculiari morfologie sia epigee che sotterranee (Foto 2). Infatti le acque meteoriche, dopo brevi percorsi idrografici superficiali, vengono in genere convogliate verso condotte sotterranee, che possono nel tempo, svilupparsi anche per chilometri, e ritornare poi in superficie attraverso risorgenti naturali. All'esterno le morfologie carsiche più diffuse sono le doline; queste nell'area studiata sono caratterizzate da contorni e dimensioni differenti; inoltre, apparentemente ubicate in modo casuale, esse, attraverso un attento esame della loro posizione topografica e delle loro forme basato su analisi di foto aeree e su accurati rilievi di campagna, risultano chiaramente allineate secondo ben individuabili direzioni che corrispondono a specifiche direttrici tettoniche a carattere regionale.

Infatti, dopo aver riportato sulla cartografia topografica locale le forme, le direzioni di sviluppo e l'ubicazione delle depressioni morfologiche presenti nell'area unitamente agli andamenti delle bancate gessose, è possibile identificare quattro classi di allineamento preferenziale (Diagramma

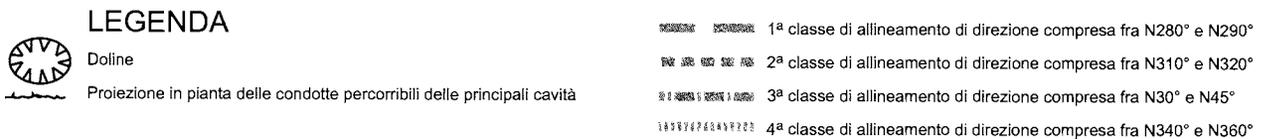
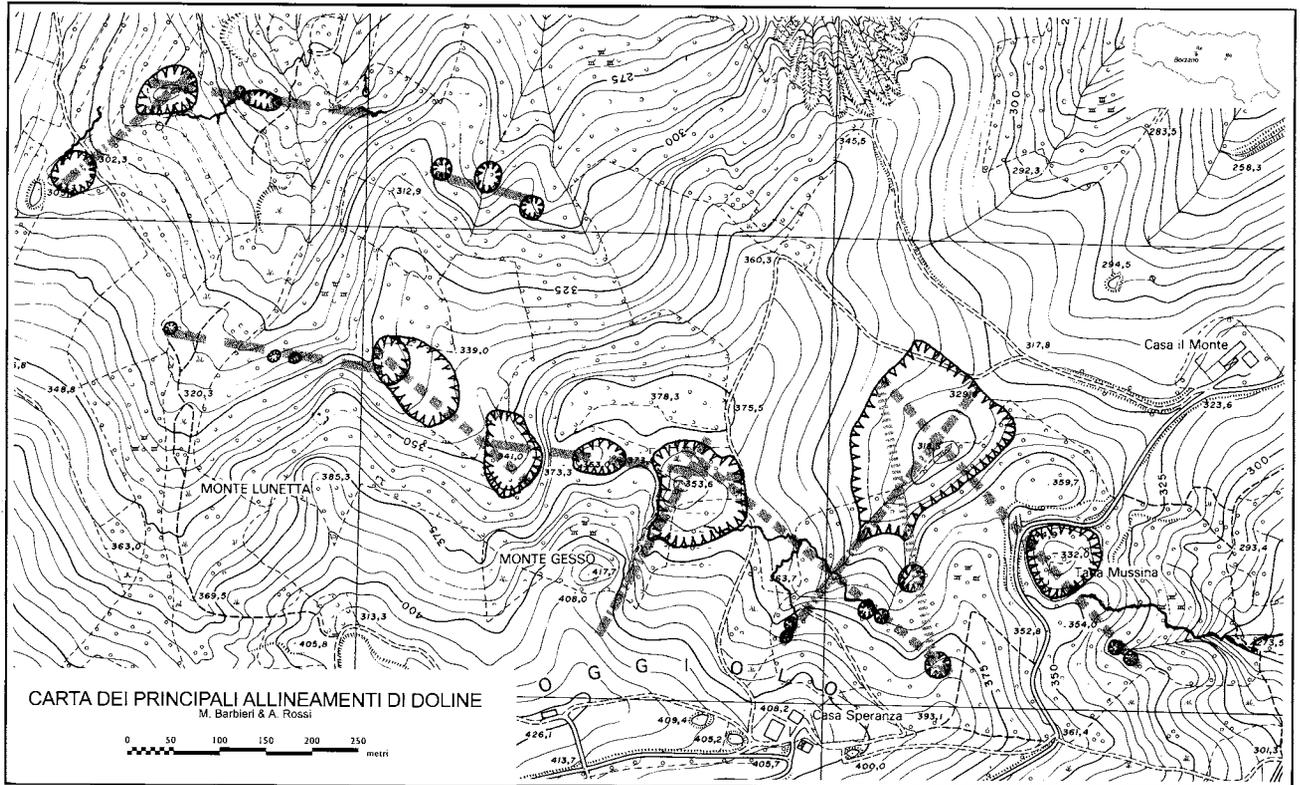


Figura 2 - Le classi (o sistemi) di allineamento principale delle doline.

1b), lungo le quali esse risultano tutte geograficamente posizionate. Da sottolineare la perfetta coincidenza tra i valori numerici delle direzioni di tali allineamenti con quelli delle principali direttrici tettoniche regionali (Diagramma 1a). Infatti la classe I coincide con le direzioni degli assi delle anticlinali sepolte individuate al di sotto della Pianura Padana dall'Agip Mineraria mediante metodi sismici; a questo sistema si affiancherebbero con una leggera variazione angolare alcune fratture corrispondenti alla bisettrice acuta del sistema di faglie allineate secondo N60° e N320° (classe III e II) e legate alle forze di compressione causate dall'orogenesi appenninica (PAREA, 1972). Da sottolineare che le direzioni delle fratture principali e degli allineamenti delle doline (classi I, II e III) risultano fortemente concordanti con gli orientamenti tettonici preferenziali riconosciuti da Gelmini (1965) nei depositi messiniani romagnoli compresi fra le valli dei torrenti Senio e Savio e da Fazzini e Gelmini (1966) nelle formazioni mioceniche che affiorano più ad Ovest nella fascia appenninica delimitata dai fiumi Panaro ed Enza. Da notare che la classe IV, che in altre zone della regione trova meno evidenti riscontri, potrebbe rappresentare un sistema di fratture di assestamen-

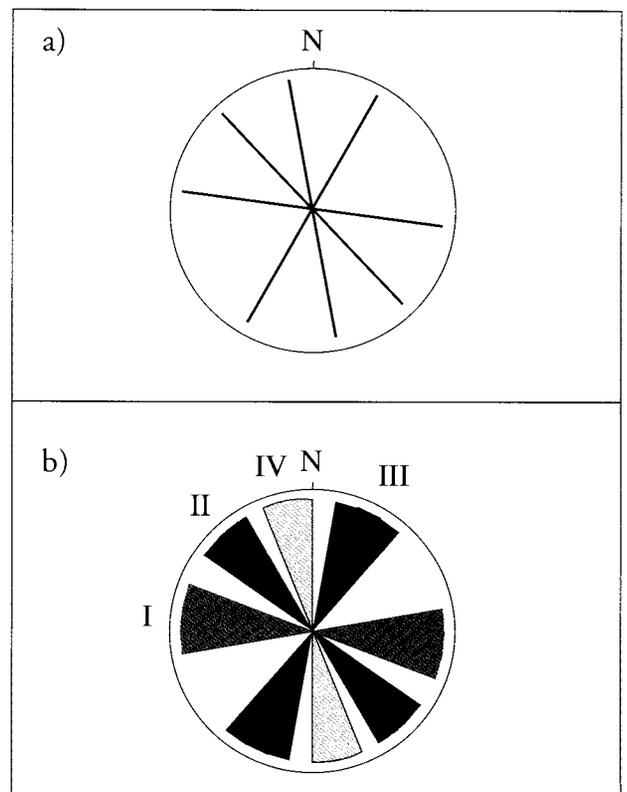


Diagramma 1 - a) Andamenti medi delle principali direttrici tettoniche regionali presenti nell'area studiata; b) Classi in cui si raggruppano gli allineamenti delle doline.

to trasversale agli assi delle anticlinali padane sepolte (classe I) oppure corrispondere a disturbi tettonici presenti in tutta la regione ma soprattutto manifesti nell'area collinare studiata. Inoltre l'osservazione diretta di molte di queste doline ha anche permesso di accertare che esiste una perfetta concordanza tra le direzioni degli allineamenti e i principali assi di sviluppo interno di tali depressioni morfologiche, a ulteriore conferma delle strette relazioni esistenti tra tettonica ed evoluzione del carsismo epi- ed ipogeo (BELLEMO & VAIA, 1990).

Parimenti con gli allineamenti e le forme particolari delle doline risultano anche coincidenti molte delle condotte sotterranee che costituiscono il sistema carsico Speranza-Mussina e le altre cavità presenti all'interno dell'affioramento gessoso esaminato.

Le classi (o sistemi) di allineamento principale delle doline (Figura 2)

La prima classe, sicuramente la più evidente, è costituita da quattro allineamenti non contigui ma fra loro paralleli e aventi direzioni medie attorno a N280°.

Lungo il più meridionale dei quattro si aprono: la Dolina dei Massi Caduti, sul fondo della quale vi è l'ingresso l'omonima grotta (ER-RE 136), la Dolina di Monte Gesso ed una profonda depressione morfologica situata fra le due precedenti e posta al centro di un tratto di versante quasi pianeggiante.

In corrispondenza del secondo allineamento, che si trova a Nord del Monte Lunetta, si aprono tre piccole dolinette e una più vasta depressione ubicata sul fondo di una valletta cieca che si diparte dallo spartiacque idrografico che separa l'area attraversata dal sistema carsico ipogeo Speranza-Mussina da quella al cui interno sono ubicate le varie grotte della zona carsica di Ca' Scaparra (CHIESI *et alii*, 1987).

Più a Nord il terzo allineamento collega tre piccole doline sul cui fondo si aprono, anche se attualmente non percorribili: la Grotta delle Due Doline (ER-RE 88), la Grotta dei Due Ingressi (ER-RE 89), il Buco tra la Tana della Mussina di Montericco e la Grotta dei Due Ingressi (ER-RE 139). Queste tre piccole depressioni sono considerate inghiottitoi appartenenti al sistema carsico della Tana della Mussina di Montericco (ER-RE 12).

Lungo il quarto allineamento, che risulta

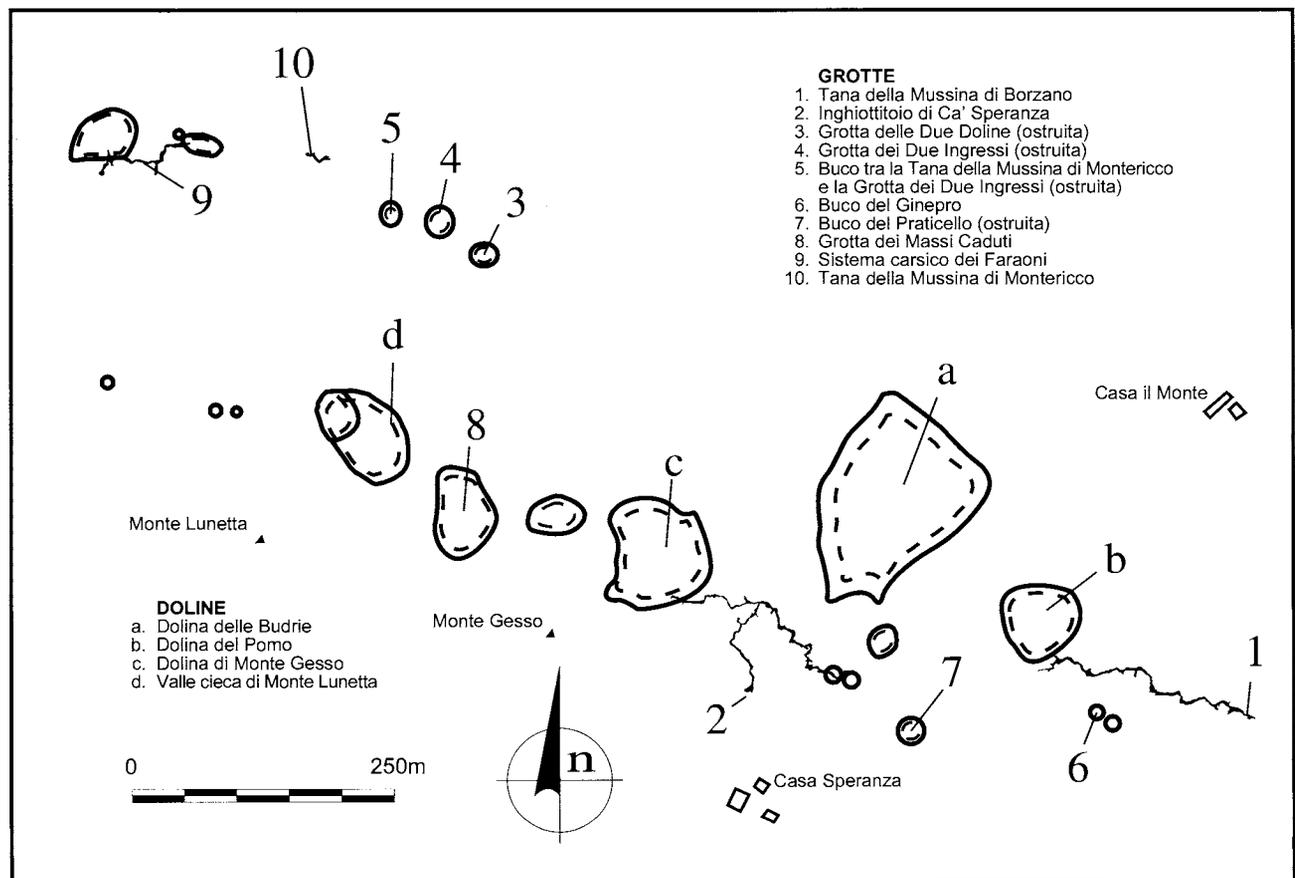


Figura 3 - Ubicazione e denominazione dei principali fenomeni epi- ed ipogei dell'area carsica di Borzano.

però meno evidente dei precedenti, sono ubicati: la dolina di crollo sul cui fondo si apre la Grotta dei Faraoni (ER-RE 630), il Buco del Tasso (ER-RE 342) e una depressione topografica, notevolmente ampia, al cui interno è posto l'ingresso della Grotta di Ca' Scaparra (ER-RE 343).

La seconda classe di allineamento è caratterizzata da direzioni che mediamente si aggirano attorno a N315°. Ad essa appartiene l'allineamento posto poco a NE di Casa Speranza lungo il quale si aprono (da Est a Ovest) la Dolina del Buco del Praticello (ER-RE 295), due piccoli sprofondamenti morfologici posti a quote leggermente inferiori e la parte settentrionale della Dolina di Monte Gesso. Un secondo allineamento unisce due fra le più evidenti doline di tutta l'area di Borzano: quella delle Budrie che è la più ampia del territorio reggiano, e quella del Pomo; quest'ultima, situata immediatamente a valle della strada che collega Casa il Monte a Casa Speranza, è sostanzialmente una vecchia cavetta abbandonata di gesso. Lungo lo stesso allineamento si collocano altre due piccole depressioni, poste a quote di poco superiori alla Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2); al fondo di quella più occidentale è situato il Buco del Ginepro (ER-RE 290). Da notare che è perfettamente concordante con la direzione di questo allineamento anche il fianco settentrionale della Dolina della Budrie. A NE di Monte Lunetta si allineano anche l'omonima valletta cieca, che presenta al suo interno un altro sprofondamento, e la Dolina dei Massi Caduti.

Alla terza classe appartengono allineamenti aventi direzioni tra N20° e N30°. Lungo di essi sono presenti i due piccoli sprofondamenti posti in prossimità dell'Inghiottoio di Ca' Speranza e la vasta Dolina delle Budrie. Immediatamente ad Est di Monte Gesso, questa classe, più che da un vero allineamento di depressioni morfologiche, è rimarcata dal fianco occidentale della Dolina di Monte Gesso caratterizzato da una elevata acclività. Questa parete corrisponde alla superficie della faglia che in questa zona sembra avere, anche se solo modestamente, dislocato verso Nord una parte dell'affioramento evaporitico.

Esiste poi una quarta classe, avente direzione che si aggira attorno a N350°, che appare definita, oltre che dall'allinearsi di alcune depressioni, anche dalla loro particolare morfologia ir-

regolare. Infatti alcune di queste doline presentano i loro bordi esterni contrapposti caratterizzati da allargamenti lungo tale direzione.

Si allineano secondo questa classe: a NNE di Casa Speranza la vasta Dolina delle Budrie, il Buco del Praticello e un piccolo sprofondamento interposto tra queste; a NO della stessa località il fianco occidentale della Dolina di Monte Gesso; a NNO di Monte Gesso si dispongono secondo questa direzione la Dolina dei Massi Caduti e uno sprofondamento al cui interno si apriva la Grotta dei Due Ingressi ora ostruita.

Considerazioni sulla forma e sulla posizione topografica delle doline dell'area carsica di Borzano

Analizzando tutte le doline, presenti all'interno dell'affioramento gessoso delimitato ad Est e ad Ovest dai torrenti Lodola e Lavezza, sia attraverso l'esame della Carta Tecnica Regionale a scala 1:5.000 sia basandosi su puntuali osservazioni di campagna, è stato possibile suddividere dette depressioni morfologiche in due gruppi: il primo riunisce le conche di dimensioni ridotte o molto ridotte, mai superiori a qualche decina di metri di diametro, il secondo le doline la cui ampiezza supera le centinaia di metri quadrati.

Mentre quelle più piccole si presentano a pianta circolare e con forma a imbuto, le altre sono caratterizzate da contorni parzialmente allungati e irregolari con contrapposti versanti dotati di acclività nettamente diverse (Figura 4; Foto 3).

Questa variabilità fisiografica, che sicuramente è stata anche condizionata dai caratteri strutturali e stratigrafici del locale substrato gessoso, presenta una stretta connessione con le principali direttrici tettoniche del fronte appenninico padano (Diagramma 1a) con cui risultano anche perfettamente coincidenti le principali classi di allineamento delle doline presenti nell'area (Diagramma 1b). Sembra inoltre evidente che le depressioni dai contorni meno regolari risultano essere quelle geograficamente posizionate dove sono soprattutto presenti le intersezioni di più allineamenti e quindi di più disturbi tettonici. In dette zone pertanto le rocce avrebbero acquisito una debolezza strutturale ed una particolare sensibilità alla fenomenologia carsica.

Quale conferma delle considerazioni sopra riportate sono state raccolte numerose misure dell'andamento delle fratture e delle dislocazioni riconoscibili a meso-scala su affioramen-

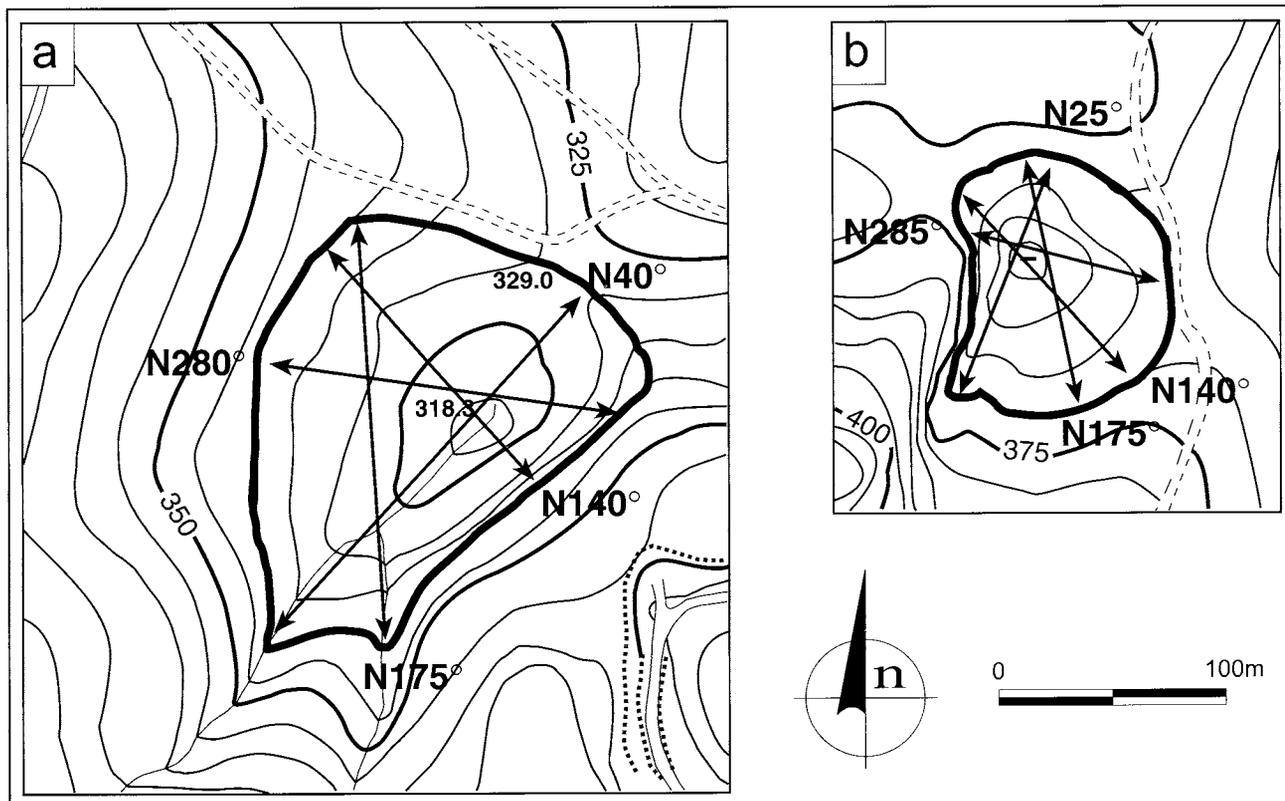


Figura 4 - Morfologia irregolare della Dolina delle Budrie (a) e della Dolina di Monte Gesso (b); si notano i bordi contrapposti le cui forme irregolari ricalcano le quattro principali classi di allineamento delle doline.

ti di roccia in posto. Va notato che le posizioni, dove è più facile per la loro frequenza raccogliere dati e misure, coincidono spesso con quelle dove si sono sviluppate le principali morfologie carsiche superficiali quali: l'Inghiottitoio di Ca' Speranza, la Dolina del Buco del Praticello, la Tana della Mussina di Borzano, la Tana della Mussina di Montericco, la grotta di Ca' Scaparra, la Grotta dei Faraoni, il Buco del Tasso, l'Inghiottitoio del Rio Groppo e il Monte del Gesso di Borzano. Altre posizioni che hanno permesso di misurare l'andamento delle fratture sono state lo sperone roccioso su cui è posto il Castello di Borzano e la cavetta abbandonata a monte della Dolina del Pomo.

Tutti i dati numerici relativi all'assetto delle fratture sono stati elaborati statisticamente mediante proiezioni stereografiche realizzate col programma Stereonet v.4.5 per Macintosh. Per poter meglio interpretare il significato di queste elaborazioni, le misure sono state riportate in due diagrammi stereografici diversi, riunendo in uno (Diagramma 2a) gli assetti delle fratture rilevate nell'area di influenza del complesso ipogeo Speranza-Mussina, nell'altro quelli relativi alle cavità della zona di Ca' Scaparra (Diagramma 3a). Anche da tali diagrammi appare evi-

dente che le misure si concentrano in alcune famiglie ben definite, la maggior parte delle quali mostra una coincidenza pressoché perfetta con le principali classi di allineamento delle doline (Diagramma 1b); queste ultime sono a loro volta perfettamente coincidenti con i lineamenti tettonici regionali (Diagramma 1a). Attraverso la percentualizzazione statistica delle fratture nelle loro specifiche famiglie di appartenenza si è anche soggettivamente ipotizzato il loro grado di importanza locale e quindi il peso della loro influenza sulla morfogenesi carsica superficiale.

Va ricordato che dati e considerazioni analoghe a quelle sopra esposte erano già state, almeno parzialmente, presentate da Carloni *et alii* (1978) in una indagine geomorfologica e strutturale riguardante il margine appenninico bolognese e finalizzata alla interpretazione della influenza della sismotettonica sulle forme del paesaggio esterno. Tali Autori in detta area hanno identificato una serie di faglie a piccolo rigetto con andamento NW-SE e, relativamente al locale reticolo fluviale, hanno riconosciuto come condizionante l'incrociarsi di due direttrici tettoniche importanti: una con andamento appenninico, l'altra quasi normale

alla precedente (Figura 5). Tali direttrici risultano perfettamente coincidenti con le direzioni di massima propagazione delle onde sismiche, le quali definiscono fasce di maggior frequenza: una con andamento NW-SE e l'altra approssimativamente N-S.

Tali strutture tettoniche, pur con qualche leggera variazione angolare nel loro andamento probabilmente ricollegabile alla specifica collocazione regionale ed al progressivo inarcamento dell'orogeno appenninico in corrispondenza della zona studiata, risultano essere le stesse riscontrate nell'area carsica di Borzano.

Confronto analitico fra direttrici tettoniche regionali, allineamenti delle doline rilevate nell'area carsica di Borzano e segmenti di sviluppo planimetrico delle principali cavità, che costituiscono il sistema Speranza-Mussina e di quelle presenti nella zona di Ca' Scaparra.

La stessa metodologia di analisi comparativa, utilizzata tra le forme e gli allineamenti delle morfologie carsiche superficiali (doline) e le direttrici tettoniche regionali, è stata applicata per uno specifico confronto di queste ultime con le direzioni di sviluppo dei vari tratti sotterranei sia del sistema ipogeo Speranza-Mussina che delle principali cavità presenti nella zona a substrato gessoso di Ca' Scaparra. A questo scopo sono stati percentualizzati, utilizzando misure di segmenti rettilinei planimetrici costanti, gli andamenti delle varie linee spezzate che definiscono le poligonali in base alle quali sono stati restituiti i rilevamenti planimetrici di tutte le principali cavità considerate (CHIESI & FORMELLA, 1987; CHIESI *et alii*, 1987; FORMELLA, 1988). Per il sistema Speranza-Mussina i diagrammi costruiti riportano uno le misure relative a tratti della Tana della Mussina di Borzano (Diagramma 2b), mentre l'Inghiottoio di Ca' Speranza (Diagramma 2c) è stato suddiviso per comodità rappresentativa nei suoi tre principali tratti componenti: il Gran Canyon (Diagramma 2c1), il Torrente Mussina (Diagramma 2c2), e il El Capitain (Diagramma 2c3). Per quanto riguarda le direzioni preferenziali di sviluppo delle principali grotte dell'area carsica di Ca' Scaparra, esse sono state riportate in due diversi diagrammi il primo dei quali contiene i valori numerici relativi ai tratti della Tana della Mussina di Montericco (Diagramma 3b) ed il secondo quelli del Sistema carsico dei Faraoni (Diagramma 3c).

Analisi interpretativa dei Diagrammi 2 e 3

Dal confronto dei Diagrammi 2a e 3a, costruiti riportando le direzioni delle fratture rilevabili a meso-scala su affioramenti di roccia, appare evidente che nelle due aree considerate gli effetti ricollegabili alla tettonica sono assolutamente identici. In entrambi sono le classi I e IV le più importanti in quanto in ciascuna zona esse raggiungono un peso complessivo di oltre il 62%, mentre le altre (II e III) risultano subordinate alle prime e ciascuna con importanza percentualmente diversa; infatti nel diagramma relativo al sistema Speranza-Mussina (Diagramma 2a) la II e la III si equivalgono (19-20%), mentre nel diagramma relativo all'area carsica di Ca' Scaparra (Diagramma 3a) la II (6%) è nettamente subordinata alla III classe (29%).

Esaminando i Diagrammi 2a, 2b e 2c, costruiti con dati numerici relativi ad elementi misurati (fratture superficiali e direzioni di sviluppo dei segmenti ipogei) nella stessa area, appare evidente che per la Tana della Mussina di Borzano (Diagramma 2b) sono le classi I e II quelle maggiormente in accordo con le direttrici tettoniche esterne (Diagramma 2a). Da sottolineare che nello stesso Diagramma 2b viene definito anche un quinto gruppo, identificato da misure comprese tra N50° a N80° aventi un peso del 25%, che non trova corrispondenze numeriche all'esterno.

Il Diagramma 2c1 identifica, per il Gran Canyon, la classe più influente nella III mentre la I, la II e la IV come importanza tendono ad equivalersi; anche in questo tratto di grotta si definisce un quinto raggruppamento, caratterizzato da misure analoghe a quello del Diagramma 2b, che raggiunge un'importanza del 27%.

Nel Diagramma 2c2, relativo al Torrente Mussina, ritornano ad assumere un peso prevalente le classi I e II anche se la III e la IV si rivelano essere discretamente significative. Permane la presenza del quinto gruppo di misure che, tuttavia, in questo specifico percorso sotterraneo si rivela essere meno influente rispetto agli altri quattro.

Anche nel tratto El Capitain (Diagramma 2c3) sono sempre la I e la II classe, con un peso complessivo di oltre il 60%, quelle che corrispondono alle principali direzioni di sviluppo sotterranee mentre per la III e la IV si raggiungono valori in entrambi i casi sempre inferiori al 10%. Anche in questa parte di cavità assume un peso non trascurabile il sistema di mi-



Foto 3 - La dolina di Monte gesso in corrispondenza della quale si ha l'intersezione delle direttrici N 25°, N 175°, N 285° e N140° (Foto M. Chiesi).

sure che non ha corrispondenze all'esterno, arrivando a presentare una influenza analoga alla classe II e superando di gran lunga quella della III e della IV.

Analizzando poi il Diagramma 3b, relativo alla Tana della Mussina di Montericco, risultano le classi II e III quelle che, con oltre il 70% di peso, appaiono condizionare fortemente lo sviluppo della cavità. Anche alcune misure relative a questa grotta definiscono il quinto raggruppamento che, con appena l'8% di importanza, non sembrerebbe avere una influenza significativa. L'elemento caratterizzante di questo diagramma è che, da un suo confronto con quello 3a, ottenuto dalle misure delle fratture rilevabili a mesoscala, la distribuzione dell'importanza delle quattro classi è esattamente opposta: nel 3b dominano le classi II e III mentre nel 3a sono importanti la I e la IV; inoltre sempre in quest'ultimo diagramma, anche la classe III si rivela particolarmente significativa.

Nel Diagramma 3c, relativo alle direzioni preferenziali di sviluppo del Sistema carsico dei Faraoni, le classi di maggiore influenza, con un valore complessivo di oltre il 50%, sono la I e la III, mentre la IV di poco si discosta dalla II. Ritorna ad essere discretamente rappresentato

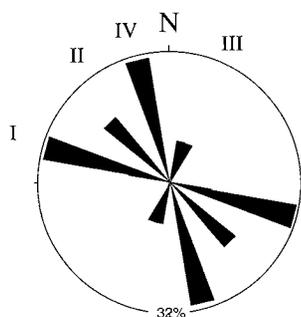
il quinto raggruppamento che con un 15% conferma un proprio peso nettamente superiore a quello relativo alla corrispondente famiglia di misure del Diagramma 3b.

Da quanto sopra esposto risulta evidente che, per quanto riguarda la collocazione geografica delle morfologie carsiche esterne (doline), essa risulta chiaramente legata alla posizione e alla intersezioni delle principali direttrici tettoniche regionali; fra le classi da queste definite sono la I e la IV quelle sempre maggiormente influenti. Per quanto riguarda lo sviluppo planimetrico dei principali sistemi carsici esaminati si posso effettuare le seguenti considerazioni: a) in dette cavità è costante la presenza delle quattro principali classi di direttrici tettoniche e morfologie rilevabili all'esterno le quali così risultano profondamente condizionanti l'evoluzione del carsismo ipogeo; b) esclusivamente nelle grotte, e spesso anche con un peso notevole, compare un quinto raggruppamento di misure; c) la non costante influenza, sullo sviluppo delle strutture carsiche sotterranee, delle quattro classi di misura relative sia agli andamenti tettonici rilevati all'esterno che agli allineamenti delle numerose doline.

SISTEMA CARSIICO SPERANZA-MUSSINA

ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI FRATTURE RILEVABILI A MESO-SCALA

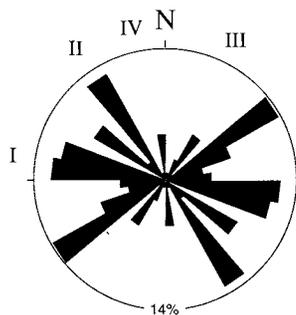
a



Classe	Intervallo	Percentuale
I	280° - 290°	32%
II	310° - 320°	20%
III	10° - 20°	9%
IV	20° - 30°	9%
	340° - 350°	30%

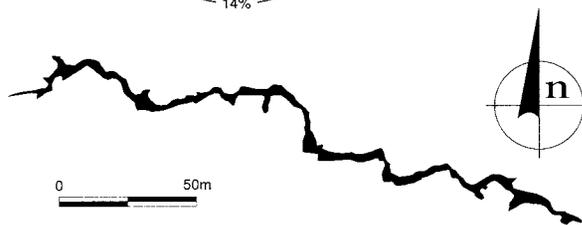
DIREZIONI DI SVILUPPO DELLE PRINCIPALI CAVITA'

b

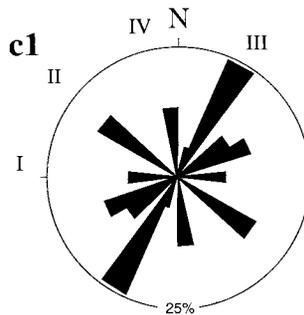


TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO (ER-RE2)

Classe	Intervallo	Percentuale
I	80° - 90°	5%
	270° - 280°	12%
	280° - 290°	12%
II	300° - 310°	9%
	310° - 320°	9%
	320° - 330°	13%
III	20° - 30°	3%
	30° - 40°	6%
	340° - 350°	5%
IV	350° - 360°	1%
	50° - 60°	14%
	60° - 70°	7%
	70° - 80°	4%



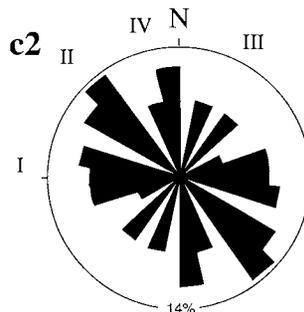
c



INGHIOTTITOIO DI CA' SPERANZA (ER-RE138)

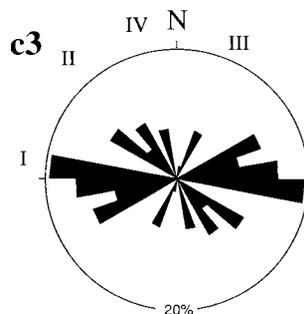
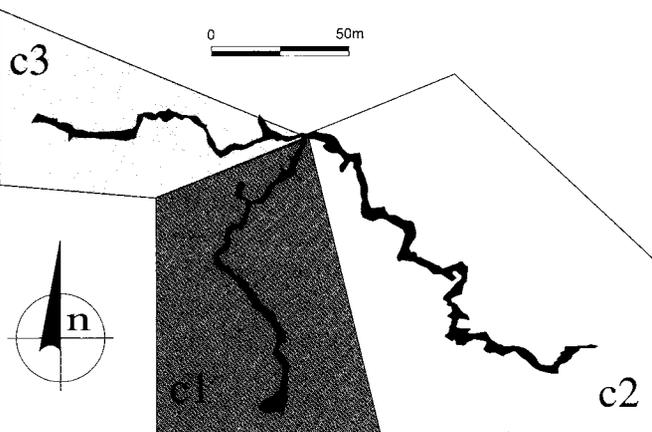
GRAN CANYON

Classe	Intervallo	Percentuale
I	270° - 280°	10%
II	300° - 310°	17%
III	10° - 20°	7%
IV	20° - 30°	25%
*	50° - 60°	12%
	60° - 70°	15%



TORRENTE MUSSINA

Classe	Intervallo	Percentuale
I	80° - 90°	9%
	270° - 280°	9%
	280° - 290°	10%
II	300° - 310°	11%
	310° - 320°	12%
	320° - 330°	10%
III	10° - 20°	8%
	30° - 40°	8%
	340° - 350°	8%
IV	350° - 360°	11%
	60° - 70°	5%
	70° - 80°	9%



EL CAPITAIN

Classe	Intervallo	Percentuale
I	80° - 90°	15%
	270° - 280°	20%
	300° - 310°	11%
II	310° - 320°	6%
	320° - 330°	10%
	10° - 20°	1%
III	20° - 30°	7%
	340° - 350°	7%
	350° - 360°	13%
IV	60° - 70°	5%
	70° - 80°	10%

Diagramma 2 - Sistema carsico Speranza-Mussina: a) Andamenti delle principali fratture a meso-scala rilevate all'esterno; b) Direzioni di sviluppo preferenziale delle gallerie percorribili all'interno della Tana della Mussina di Borzano; c) Direzioni di sviluppo preferenziale delle gallerie che costituiscono l'Inghiottoio di Ca' Speranza, nei suoi tre rami principali: c1) Gran Canyon, c2) Torrente Mussina, c3) El Capitain.

La considerazione a) conferma quanto già sostenuto da numerosi Autori (PAREA, 1972; BELLEMO & VAIA, 1990) in relazione alla importante influenza dei lineamenti tettonici regio-

nali sullo sviluppo del carsismo epi- ed ipogeo; per quanto riguarda l'osservazione b) che fa riferimento al gruppo di direzioni comprese tra N50° e N80°, rilevabili solo all'interno di

tutte le cavità esaminate e non riscontrabili negli affioramenti superficiali, le possibili interpretazioni ipotizzano che tali direzioni siano concordanti con quella della originaria superficie, ora debolmente inclinata verso E, che separava i gessi autoctoni da quelli di tipo detritico (VAI & RICCI LUCCHI, 1977) e che potrebbe trovare una conferma in particolari morfologie esterne come il tratto a morfologia sub-pianeggiante immediatamente sovrastante l'incisione torrentizia del torrente Lodola (BARBIERI & ROSSI, 2001); oppure che le stesse direzioni rimarchino una fascia di indebolimento strutturale nella lente gessosa in seguito alle azioni di stress tettonico direttamente esercitate contro di essa dalle limitrofe masse di rocce più antiche che l'orogenesi appenninica spingeva verso NNE. Questi effetti strutturali di indebolimento sarebbero attualmente riconoscibili solo all'interno della formazione evaporitica e non sulla sua superficie.

Per quanto riguarda la considerazione c), riguardante la diversificata importanza sullo sviluppo carsico sotterraneo delle quattro principali classi di misura delle direttrici tettoniche,

essa trova una facile spiegazione negli effetti di risposta meccanica della massa gessosa alle azioni di spinta su di essa esercitate dall'orogenesi appenninica che, pur mantenendosi gli stessi come presenza, non sono tuttavia uniformi nei loro specifici effetti locali; così in una fascia di territorio di poche centinaia di metri il peso influente di una specifica classe può esprimersi con risposte di maggiore o minore importanza.

Considerazioni conclusive

Il confronto tra ubicazioni topografiche, forme e caratteristiche generali delle doline, andamento e sviluppo dei maggiori sistemi ipogei presenti nell'area considerata e principali direttrici tettoniche regionali, ribadisce la stretta connessione e dipendenza della fenomenologia carsica dagli effetti del tettonismo legato all'orogenesi appenninica. Si riscontra inoltre uno stretto legame delle dimensioni e forme specifiche delle doline soprattutto con i lineamenti tettonici regionali più importanti e le zone in cui questi ultimi si concentrano inter-

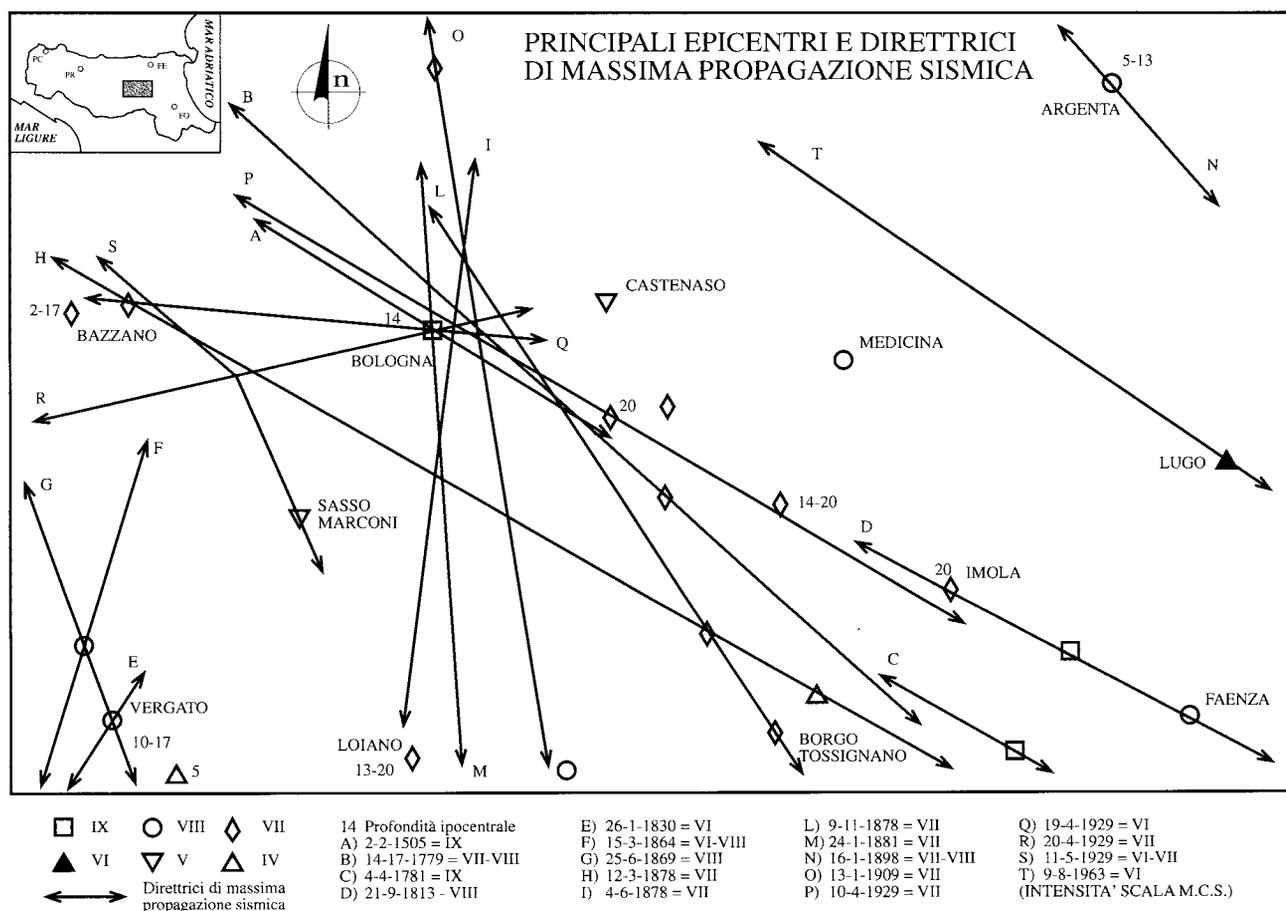
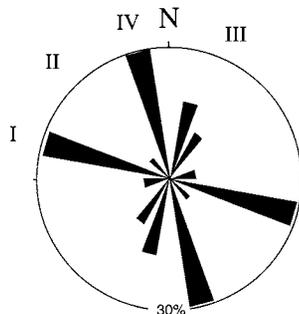


Figura 5 - Principali epicentri e direttrici di massima propagazione sismica lungo il margine appenninico bolognese e faentino. (Da: CARLONI *et alii*, 1978 - Modificata). Nella figura sono anche indicate le profondità degli ipocentri, le date degli eventi sismici e la loro intensità (MCS).

AREA CARSICA DI CA' SCAPARRA

ANDAMENTO DELLE PRINCIPALI FRATTURE RILEVABILI A MESO-SCALA

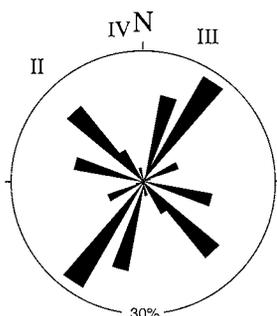
a



Classe	Intervallo	Percentuale
I	80° - 90°	6%
	280° - 290°	29%
II	310° - 320°	6%
III	10° - 20°	17%
	30° - 40°	12%
IV	340° - 350°	30%

DIREZIONI DI SVILUPPO DELLE PRINCIPALI CAVITA'

b

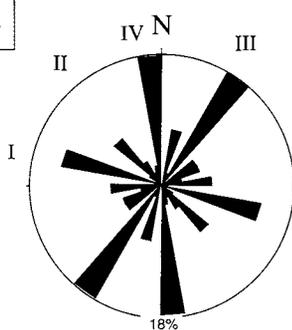


TANA DELLA MUSSINA DI MONTERICCO (ER-RE12)

Classe	Intervallo	Percentuale
I	280° - 290°	17%
	310° - 320°	21%
II	320° - 330°	8%
	10° - 20°	17%
III	30° - 40°	26%
	350° - 360°	3%
*	60° - 70°	8%



c



SISTEMA CARSICO DEI FARAONI (ER-RE343) (ER-RE630)

Classe	Intervallo	Percentuale
I	80° - 90°	7%
	280° - 290°	15%
II	310° - 320°	9%
	320° - 330°	4%
III	10° - 20°	9%
	20° - 30°	2%
	30° - 40°	18%
IV	340° - 350°	3%
	350° - 360°	18%
*	50° - 60°	6%
	60° - 70°	6%
	70° - 80°	3%

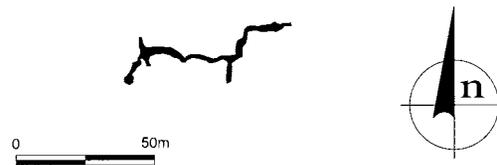


Diagramma 3 - Area carsica di Ca' Scaparra: a) Andamenti delle principali fratture a meso-scala rilevate all'esterno; b) Direzioni di sviluppo preferenziale delle condotte percorribili all'interno della Tana della Mussina di Montericco; c) Direzioni di sviluppo preferenziale delle condotte percorribili all'interno del Sistema carsico dei Faraoni.

secandosi fra loro. Infatti, dove è riconoscibile una sola struttura tettonica, lungo di essa si allineano in genere doline di piccole dimensioni e di forma circolare molto regolare; dove invece si ha l'incrociarsi di più direttrici, le macroforme superficiali assumono ampiezza considerevole e contorni assai irregolari.

Anche l'andamento e lo sviluppo planimetrico dei sistemi sotterranei, molto più protetti e interessati da acque che hanno in parte già soddisfatto la loro potenzialità di dissoluzione chimica, appaiono strettamente legati, anche se con singole dipendenze diversificate, ai li-

neamenti tettonici rilevabili all'esterno. Pertanto pur trattandosi di un'area spazialmente limitata, il territorio carsico di Borzano fornisce molte indicazioni per risalire ai meccanismi geologici di evoluzione del paesaggio il quale vedrebbe soprattutto nei andamenti tettonici regionali gli agenti che ne hanno condizionato non solo l'aspetto superficiale e le strutture idrografiche che l'attraversano, come sostenuto da (PAPANI, 1971), ma anche, ed in modo non secondario, i suoi fenomeni carsici sia epiche ipogei, permettendo a questi ultimi sviluppi planimetrici di molte centinaia di metri.

Bibliografia

- AA.VV., 1963 – Carta geologica d'Italia a scala 1:100.000. Foglio 86, "Modena", II Ediz. Serv. Geol. d'Italia.
- AA.VV., 1997 – Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000. Sezione 218040, Tabiano, Regione Emilia-Romagna.
- BARBIERI M. & ROSSI A., 2001 – Petrografia della zona carsica di Borzano e delle aree limitrofe (Com. Albinea – Prov. Reggio Emilia). Mem. Ist. It. Spel., XI, s. II, 35-45.
- BELLEMO L. & VAIA F., 1990 - Morfogenesi carsica e implicazioni geostutturali nel carso isontino. Atti e Memorie Comm. Grotte "E. Boegan", 29, 103-118.
- BERTOLANI M. & ROSSI A., 1988 - Le aree carsiche dei gessi messiniani del basso Appennino reggiano. In: (a cura di Chiesi M.) "Guida alla speleologia nel reggiano", Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia: Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Tutela dell'Ambiente e Difesa del Suolo – Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici", 20-28.
- CARLONI G.C., FRANCAVILLA F. & ZECCHI, R., 1978 - Neotettonica del margine padano dell'Appennino bolognese in relazione agli indizi geomorfologici ed alle strutture sismogenetiche. Mem. Soc. Geol. It. 19, 627-634.
- CHIESI M. & CILLONI S., 1988 - Lettura del paesaggio carsico: la provincia di Reggio Emilia. In: (a cura di Chiesi M.) "Guida alla speleologia nel reggiano", Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia: Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Tutela dell'Ambiente e Difesa del Suolo – Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici", 13-19.
- CHIESI M. & FORMELLA W., 1987 - Inghiottitoio di Ca' Speranza (138 ER/RE). In: "Ipoantropo" a cura del Gruppo Speleologico Paleontologico Gaetano Chierici di Reggio Emilia, 7, 27-38.
- CHIESI M., FERRARI C. & FORMELLA W., 1987 - Il carsismo degli affioramenti messiniani di Ca' Scaparra (RE). In: "Ipoantropo" a cura del Gruppo Speleologico Paleontologico Gaetano Chierici di Reggio Emilia, 3, 10-21.
- CITA B.M., 1973 – Mediterranean evaporite: paleontological arguments for a deep-basins desiccation model. In: C. W. Drooger (editor) – Messinian events in the Mediterranean. Amsterdam, 206-228.
- HSU K., 1973 – The desiccated deep-basin model for the Messinian events. In: C. W. Drooger (editor) – Messinian events in the Mediterranean. Amsterdam, 60-67.
- FAZZINI G. & GELMINI R., 1966 – Studio fotogeologico dell'Appennino modenese e reggiano. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 97, 61-80.
- FEDERAZIONE SPELEOLOGICA REGIONALE DELL'EMILIA ROMAGNA, 1996 – Catasto delle cavità naturale dell'Emilia Romagna. Vol 1 e Vol 2.
- FORMELLA W., 1988 – Il catasto delle grotte reggiane. In: (a cura di Chiesi M.) "Guida alla speleologia nel reggiano", Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia: Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Tutela dell'Ambiente e Difesa del Suolo – Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici", 77-79.
- GASPERI G., 1995 - Geologia Regionale. Pitagora Editrice Bologna.
- GELMINI R., 1965 – Studio fotogeologico dell'Appennino Settentrionale tra il Valdarno e la Romagna. Boll. Soc. Geol. It., 84(6), 167-212.
- PAPANI G., 1971 - Geologia della struttura di Viano (Reggio Emilia). Mem. Soc. Geol. It., 10, 121-165
- PAREA G.C., 1972 – Osservazioni geomorfologiche e sedimentologiche. In: AA. Vv. "Studio della Grotta di fianco alla chiesa di Gaibola (24 E) nei gessi delle colline bolognesi"; Rass. Spel. It., anno IV, fascicolo 2, 113-130.
- RICCI LUCCHI F., 1973 – Resedimented evaporites: indicators of slope in stability and deep-basin conditions in Periadriatic Messinian (Apennines Foredeep, Italy). In: C. W. Drooger (editor) – Messinian events in the Mediterranean. Amsterdam, 142-149.
- RYAN W.B.F., 1973 – Geodynamic implication of the Messinian crisis of salinity. In: C. W. Drooger (editor) – Messinian events in the Mediterranean. Amsterdam, 26-38.
- VAI G.B. & RICCI LUCCHI F., 1977 – Algal crust, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin: a case history from the Messinian of Northern Apennines. Sedimentology, 24, 211-244.

I RIEMPIMENTI FISICI DELLA TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO ER-RE 2 (Com. di Albinea - Prov. di Reggio Emilia): CONSIDERAZIONI ED INTERPRETAZIONI

Massimo Barbieri^{1,2}, Antonio Rossi^{1,3}

Riassunto

Vengono presentati e criticamente esaminati i dati relativi ai caratteri morfoscopici (natura petrografica) e morfometrici (granulometria, forma, ecc.) dei clasti presenti in numerosi campioni di sedimenti provenienti dai riempimenti fisici che si incontrano all'interno della Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2), collettore idrografico terminale del più vasto sistema carsico Speranza-Mussina (Borzano di Albinea - Prov. di Reggio Emilia).

Attraverso una metodologia di indagine, utilizzata precedentemente in occasione di studi analoghi, si è cercato, interpretandone il significato e l'importanza, di identificare quelli che devono essere stati gli specifici agenti fisici e meccanici che hanno favorito la sedimentazione in ambiente ipogeo di materiali clastici dai caratteri tessiturali e strutturali del tutto particolari.

In base ai dati raccolti si è anche cercato di ricostruire quelle che possono essere state le vicende climatiche esterne che, durante il succedersi degli eventi carsici epi- ed ipogei, possono avere condizionato il formarsi e l'evolversi di tali riempimenti.

Parole chiave: riempimenti fisici ipogei, petrografia, morfometria, morfoscopia, trasporto

Abstract

Data about morphoscopic and morphometric characteristics (petrography, granulometry, shape, roundness, etc.) of numerous samples of sediments coming from the cave Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2) located in the Municipality of Albinea (Prov. of Reggio Emilia, Italy) has been shown and critically analysed in this paper.

Through a methodology already used in similar

studies we had try to identify which were the processes, physical and mechanics, responsible for the hypogeous sedimentation of this material with the distinctive structural and textural characteristics.

On the basis of the collected data we had try to reconstruct which were the climatic events that could be responsible for the evolution of this sediments.

Key Words: physical sediments in cave, petrography, morphometry, morphoscopy, transport

Premessa

Uno dei fenomeni peculiari, che si incontrano in grotta e, per importanza ed entità, soprattutto in quelle ubicate all'interno della Formazione Gessoso-Solfifera messiniana affiorante nel territorio emiliano-romagnolo, è costituito dalla presenza di potenti riempimenti di materiali clastici (Foto 1) contraddistinti da caratteri soprattutto tessiturali, morfoscopici e morfometrici (granulometria, composizione litologica e mineralogica, sfericità e grado di arrotondamento) naturalmente eterogenei e fra loro differenti. Questa variabilità si riscontra non solo fra grotte che si sviluppano a discreta distanza fra di loro, ma anche all'interno di ciascuna di esse.

Molto si è discusso sul significato di questi riempimenti e diverse sono le relative ipotesi interpretative in quanto non esistono elementi che permettano di effettuare fra di loro sicure correlazioni stratigrafiche.

Esistono solo alcune certezze: che la mag-

1 Dipartimento di Scienze della Terra - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

2 Gruppo Speleologico Paleontologico Gaetano Chierici - Reggio Emilia

3 Gruppo Speleologico Bolognese - Unione Speleologica Bolognese

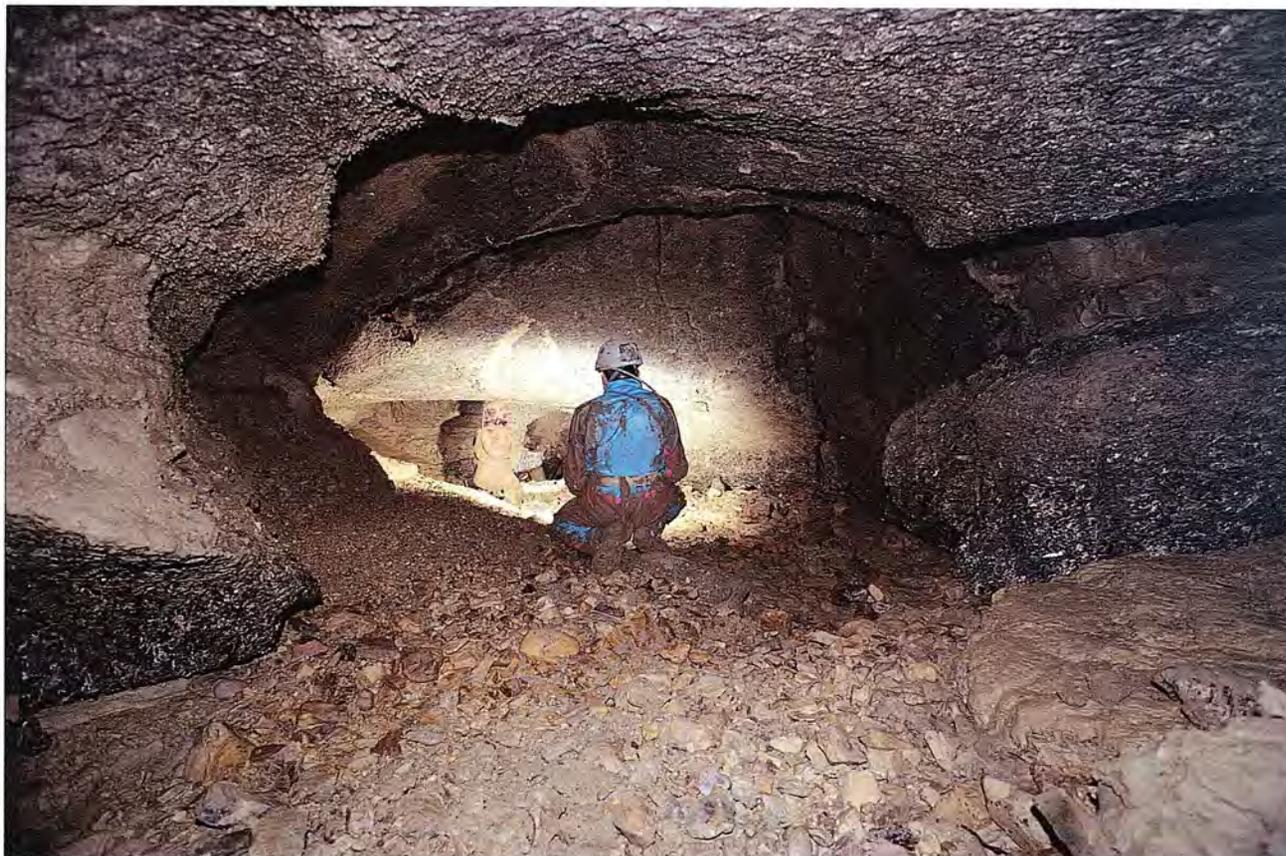


Foto 1 - Sovrapposizione di livelli di scorrimento del T. Mussina. Sulle nicchie laterali sono ancora presenti testimonianze relitte di antichi depositi di riempimento; sul pavimento ciottolame di sedimentazione recente da parte del corso d'acqua (Foto M. Chiesi).

gior parte di questi depositi, databili come quaternari, è indubbiamente successiva all'evolversi dei principali fenomeni carsici sotterranei; che la grande quantità dei loro clasti costituenti abbia avuto come agente trasportatore interno torrenti ipogei spesso ad elevata energia idraulica; che la maggior parte dell'apporto detritico, trasportato attraverso doline o inghiottitoi carsici e depositato all'interno di cavità, proviene da formazioni o coperture detritiche esterne, marine o fluviali, di età e componente litologica sicuramente diverse. Assai varia è poi la natura petrografica delle diverse frazioni clastiche costituenti i depositi che, solo nei termini a granulometria maggiore ($\varnothing > 1\text{ mm}$), è riconoscibile con sicurezza. Di questi riempimenti fisici rimangono tuttavia assolutamente incerti: i momenti di formazione; quali sono stati gli eventi climatici che ne hanno favorito l'accumulo; l'energia meccanica del mezzo idraulico che li ha depositati; che cosa ne ha causato la sedimentazione; quali sono le cause delle loro variazioni tessiturali; quante volte questa fenomenologia si è ripetuta nel tempo durante lo sviluppo dei sistemi carsici che li contengono.

Le finalità della presente ricerca sono quelle di apportare nuovi dati ed informazioni relativi alle principali problematiche connesse alla presenza in grotta di questi depositi fisico-mecanici, nella speranza che altri studi, condotti su riempimenti analoghi presenti in altre cavità della regione, possano contribuire a definire un quadro più ampio di conoscenze che, per quanto sicuramente non esaustivo del problema, tuttavia permetta un approccio conoscitivo più puntuale non solo di questo specifico fenomeno ma anche di altri eventi geologici, ambientali e climatici, che hanno accompagnato e condizionato l'evoluzione del carsismo nei gessi messiniani.

Inquadramento geo-petrografico

I maggiori esempi di riempimenti fisici della regione Emilia-Romagna risultano ubicati all'interno di grotte che si sviluppano nella Formazione Evaporitica messiniana. Quest'ultima, che in certe aree può raggiungere spessori di alcune centinaia di metri, è costituita da una serie di affioramenti di forma quasi lenticolare che, con soluzione di continuità, sono localiz-

zati lungo la fascia collinare dal territorio reggiano fino a quello romagnolo ed oltre. L'ambiente genetico che ha permesso la formazione di queste rocce è quello tipicamente evaporitico caratteristico di bacini lagunari ad alta concentrazione salina; esse si sarebbero pertanto formate durante fasi climatiche caldo-aride particolarmente favorevoli alla precipitazione dei solfati (CITA 1973; HSU 1973; RICCI LUCCHI 1973; RYAN 1973).

La stratigrafia di questa formazione è caratterizzata dalla presenza di potenti bancate di gesso in alternanza a più sottili livelli di materiale clastico di natura pelitica. Ognuna di queste intercalazioni pelitiche è interpretata come testimonianza di un passaggio da fasi climatiche favorevoli alla evaporazione a periodi in cui condizioni ambientali particolarmente piovose avrebbero sostituito la precipitazione chimica con momenti di sedimentazione clastica (BERTOLANI-MARCHETTI, 1984). Negli affioramenti di maggiore completezza stratigrafica i cicli clastici inter-evaporitici sono stati non meno di 18-20, a testimonianza della variabilità delle condizioni climatiche. Durante gli intervalli di tempo in cui avveniva la deposizione clastica si crearono condizioni ambientali di sedimentazione a bassa energia caratterizzate da condizioni ambientali pre-anossiche favorevoli alla vita di sole forme di vita specificatamente adattate.

Per quanto riguarda la genesi delle bancate gessose, secondo Vai & Ricci Lucchi (1977) quelle della parte inferiore della formazione si sarebbero formate per cristallizzazione di impalcature di gesso primario in posto, sviluppatesi in associazione con tappeti algali (selenite primaria), mentre nella parte centro superiore della formazione le bancate corrisponderebbero ad accumuli di individui di gesso in noduli o lenti rimaneggiate, all'interno delle quali i cristalli si presenterebbero sdraiati o disposti in modo caotico. Pertanto queste bancate risulterebbero formate dall'accumulo di detrito di tipo gessoso durante fasi deposizionali marine di tipo trasgressivo e regressivo (VAI & RICCI LUCCHI, 1977; BARBIERI & ROSSI, 2001).

Nella zona di Borzano, oggetto di questo studio, si sovrappongono, in regolare continuità con la formazione evaporitica, litotipi nettamente pelitici appartenenti alle Argille grigio-azzurre plioceniche. Da notare che secondo Iaccarino & Papani (1980) il contatto attuale tra Formazione evaporitica e Argille plioceniche sarebbe avvenuto attraverso fasi tettoniche che avrebbero meccanicamente eli-

minato la base della formazione sovrastante i gessi. Anche lungo il margine meridionale dell'affioramento evaporitico i rapporti stratigrafici sono di tipo tipicamente tettonico. Essi hanno messo a diretto contatto rocce di età messiniana con formazioni di età cretacea. Queste ultime sono petrograficamente assai diverse fra loro (BARBIERI & ROSSI, 2001); possono infatti essere costituite da argille varicolori con deformazioni duttili e complesse, talora caoticizzate o intercalate da lembi di straterelli di torbiditi arenaceo-micacee di colore nocciola-rossastro; in esse non mancano, come inclusi, frammenti litoidi di natura diversa da calcarea o marnosa ad arenacea; oppure presentano un tipico aspetto flyschioide e sono costituite da marne discretamente compatte e con sottili intercalazioni di fini torbiditi arenacee. Infine, lungo il contatto tettonico Sud-occidentale della formazione evaporitica, si rinvengono peliti da grigio scure a nere estremamente caoticizzate che inglobano brandelli tettonizzati di strati o blocchi isolati di roccia calcarea o calcareo-marnosa; qua non mancano gli inclusi lapidei di natura arenacea. Proseguendo verso la parte interna della catena appenninica affiorano, con distribuzione non sempre regolare, altre formazioni attribuibili sia alle Unità Liguridi che alle Epiliguridi. Va infine sottolineato che la recente attività erosiva del torrente Lodola, corso d'acqua che lambisce il fianco orientale della lente gessosa, ha messo in evidenza per una potenza di alcuni metri le rocce costituenti la base della formazione messiniana. Queste peliti, per i loro caratteri stratigrafici (presenza di lenti, cristalli isolati o sottili livelli di gesso) e il loro aspetto tipicamente bituminoso, possono essere considerate come sedimenti pre-evaporitici, depositati in ambiente euxinico, che corrisponderebbero a litotipi databili al Miocene inferiore (PANIERI 2001; BARBIERI & ROSSI 2001). Non va dimenticato che alcuni Autori (AA.VV., 1997; IACCARINO & PAPANI, 1980) attribuiscono queste peliti alle Marne del Termina formazione appartenente al Tortoniano.

Ubicazione e descrizione macroscopica dei riempimenti studiati

La perfetta conoscenza della cavità di uno degli Autori del presente studio ha permesso di individuare con facilità le posizioni in cui i riempimenti fisici interni apparivano particolarmente significativi. Di alcuni sono state rac-

colte sul posto osservazioni strutturali e tessurali, in altri è stata effettuata anche una attenta campionatura dei sedimenti presenti.

A differenza di molte altre cavità emiliano-romagnole, all'interno della Tana della Mussina di Borzano i depositi fisici non hanno fra loro una sicura correlazione stratigrafica ma sembrano, piuttosto, rappresentare la testimonianza di episodi diversi di apporto clastico succedutisi nel tempo e, probabilmente, ricollegabili o a eventi climatici esterni caratterizzati da abbondanti e prolungate piogge oppure a fenomeni gravitativi interni, quali crolli di roccia o frane di materiale detritico, che avrebbero modificato i normali processi di sedimentazione legati al torrente ipogeo.

Sono pertanto stati esaminati i riempimenti presenti in dodici diverse stazioni (Fig.1) e su quelli di cinque di esse, che macroscopicamente apparivano diversi per i loro specifici caratteri sedimentologici e composizionali, sono state condotte anche approfondite analisi petrografiche.

Le cinque stazioni di campionatura e i materiali raccolti (Fig.2) sono state:

STAZIONE D: è ubicata in destra idrografica del torrente sotterraneo sulla parete di una piccola stanzetta posta ad una quota di 2-3 metri superiore all'attuale alveo del corso d'acqua ipogeo. Si tratta del riempimento sul quale è

possibile riconoscere le maggiori differenze fra tutti quelli studiati: ha colore grigio-bluastro e l'andamento della sua stratificazione varia da concordante con l'assetto verticale delle locali bancate gessose a pressoché normale ad esse (Foto 2). Il materiale qua raccolto (Campione D) è costituito da un silt argilloso inglobante ciottolame grossolano arrotondato, debolmente embriciato e talora ricoperto da sottili veli di gesso microcristallino di genesi secondaria.

STAZIONE G: questo riempimento è situato nella parte bassa di una condotta relitta che si apre poco a monte di una delle maggiori zone di crollo interne alla cavità (Sassaia degli Orrori) (Foto 3). I campioni prelevati provengono dal livello di fine pelite posto alla base del deposito (Campione G1), da quello ciottoloso grossolano soprastante (Campione G2) e da una concrezione calcarea posta al tetto della serie (Campione G3).

STAZIONE I: il materiale campionato proviene da un cunicolo relitto ed è caratterizzato da una gradazione diretta che inizia con un livello di ciottoli (Campione I). Da notare che, inglobati nella parte alta di questo deposito, sono presenti vari blocchi arenacei, anche di grandi dimensioni, soggetti ad intensa decementazione e disgregazione.

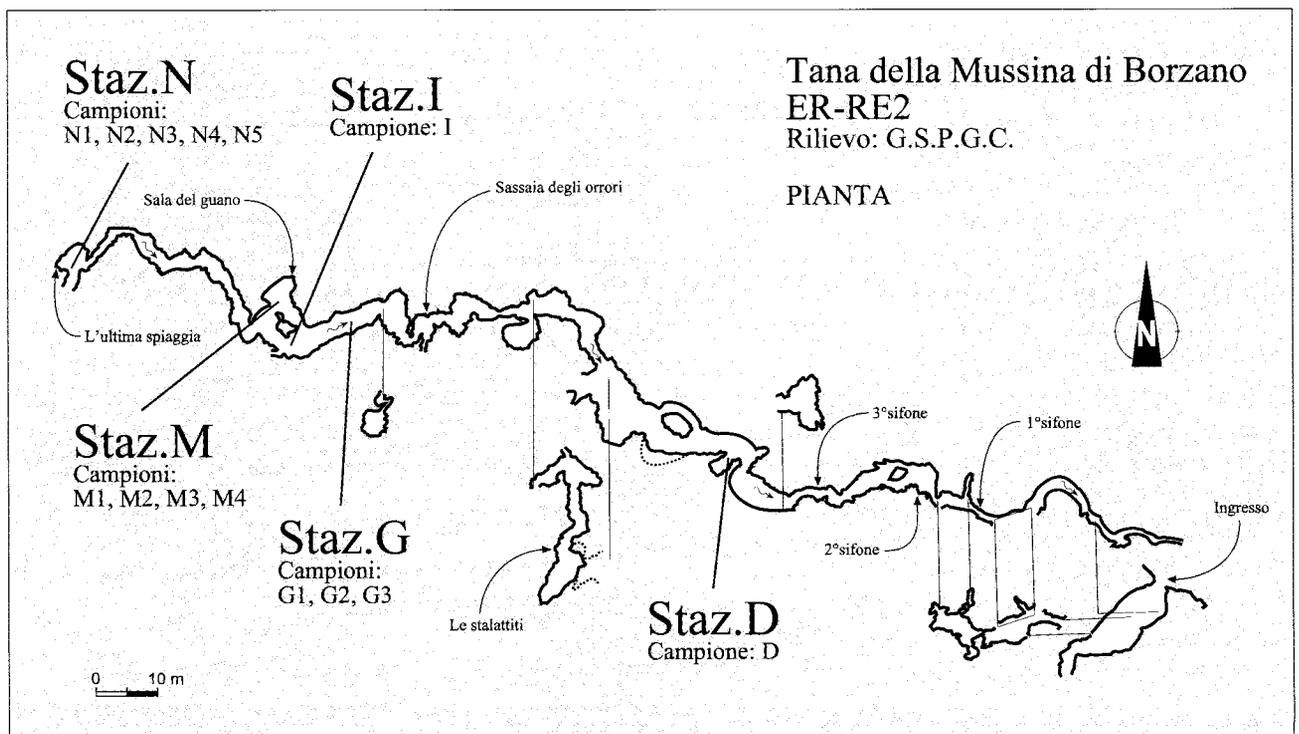


Fig. 1 - Ubicazione delle stazioni di campionamento all'interno della Tana della Mussina di Borzano. (rilievo planimetrico effettuato dal G.S.P.G.C. di Reggio Emilia, disegno di W. Formella, C. Catellani & M. Barbieri con modifiche).

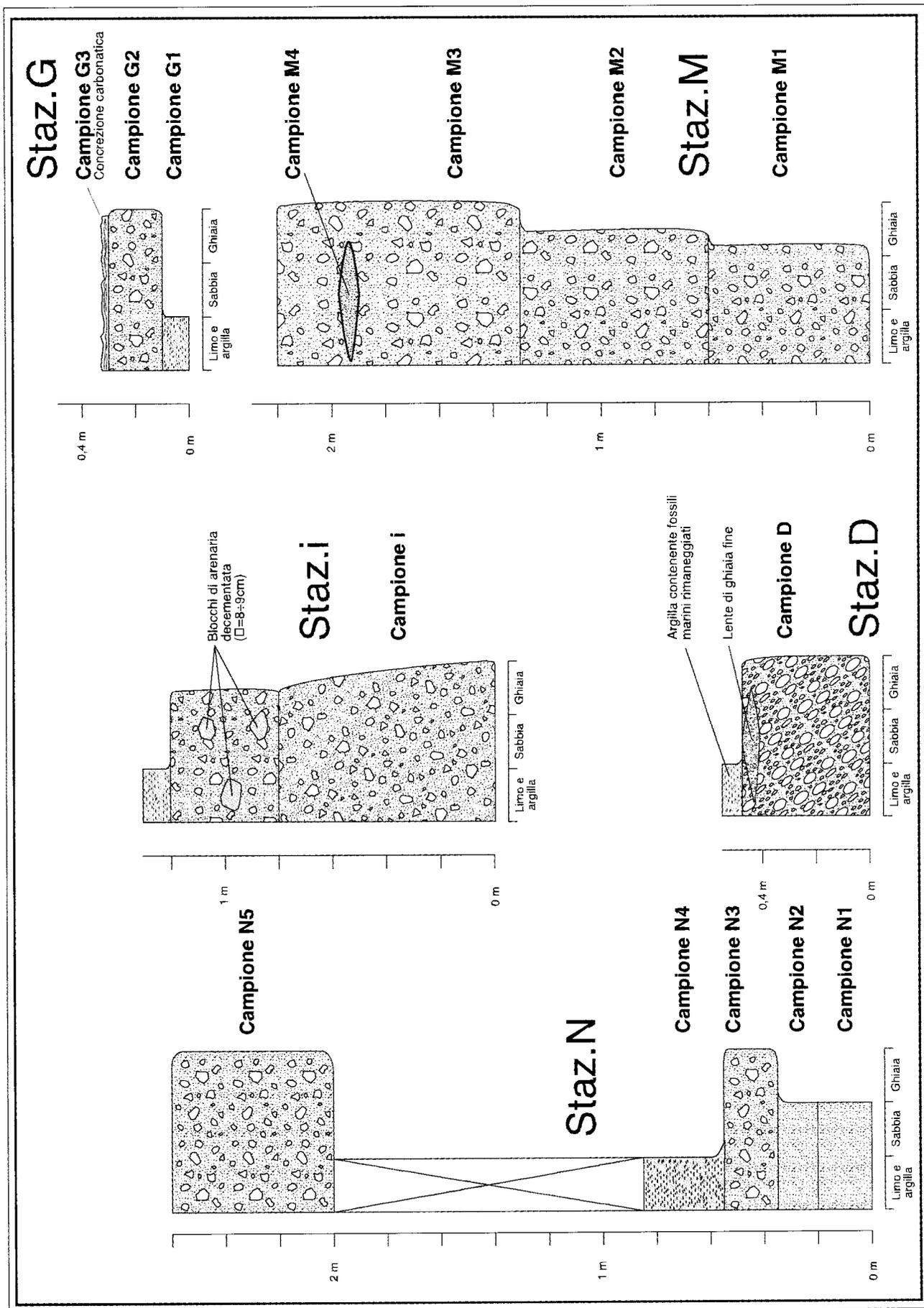


Fig. 2 - Schema delle variazioni tessiturali dei depositi campionati.



Foto 2 - Riempimento D: il suo attuale andamento stratigrafico evidenzia una orientazione sub-verticale (Foto M. Chiesi).

STAZIONE M: si tratta di un riempimento stratificato situato lungo una parete di uno degli ambienti più interni della cavità (Sala del Guano). Da questo deposito provengono in successione verticale quattro campioni, ognuno rappresentativo di un livello macroscopicamente diverso: il Campione M1 e il Campione M2 corrispondono a materiali ghiaiosi; il Campione M3 proviene da un livello di ciottoli, mentre il Campione M4 appartiene ad una lente prevalentemente sabbiosa inglobata nello strato M3.

STAZIONE N: corrisponde alla posizione di campionatura più interna di tutta la cavità. Si tratta di un riempimento rialzato di circa 1,5 metri rispetto all'attuale pavimento della cavità e costituito da una successione di livelli potente un paio di metri che appare interrotta, nella sua continuità stratigrafica verticale, da una sporgenza rocciosa. I campioni prelevati da questo deposito presentano caratteristiche tessiturali diverse: il Campione N1 è una ghiaia media; il Campione N2 è una pelite sabbiosa; il Campione N3 proveniente da una ghiaia sabbiosa, il Campione N4 è una pelite fine, mentre il Campione N5 corrisponde ad una ghiaia grossolana.

Di altri riempimenti, dalle caratteristiche sedimentologiche (presenza di livelli a dominante granulometria argilloso-limosa) e stratigrafiche (scarsa potenza della successione) costanti e poco significative, sono state effettuate soltanto osservazioni macroscopiche.

Metodologie di indagine

Pur nella consapevolezza della necessità di ulteriori studi, da condursi su depositi clastici di altre cavità gessose presenti lungo il margine appenninico soprattutto padano, prima di pervenire ad una conoscenza sufficientemente esaustiva sul problema dei riempimenti fisici in grotta, ma intendendo ugualmente portare un ulteriore contributo conoscitivo sul fenomeno specifico, si è deciso di condurre la presente ricerca seguendo in gran parte la metodologia di indagine proposta da Rossi & Mazzarella (1998) in uno studio analogo condotto su sedimenti della Grotta Serafino Calindri (ER/BO 149).

Tale metodica prevede, operativamente, una serie di determinazioni tale da permettere, al termine di ognuna, la raccolta di dati e di informazioni utili per impostare e realizzare la successiva.

Analisi granulometrica

I dati ottenuti con questo tipo di determinazione, utilizzati per la rappresentazione grafica della distribuzione percentuale in classi dimensionali delle varie frazioni clastiche costituenti i riempimenti fisici studiati, forniscono anche suggerimenti sul tipo di energia di trasporto e sulla velocità dell'agente trasportatore (le acque del torrente ipogeo) oltre alla loro variabilità nel tempo breve e in quello prolungato.

Le frazioni granulometriche determinate sono quelle definite nella Classificazione di Wentworth (1922) e sono state ottenute con l'utilizzo, per la componente ghiaiosa e sabbiosa, di setacci con maglie di diametro noto, mentre per il limo o silt e l'argilla si è fatto ricorso a meccanismi di sedimentazione in base a tempi predefiniti utilizzando i Levigatori di Appiani.

Natura petrografica e composizione mineralogica

Tutte le frazioni granulometriche di diametro superiore a 1 millimetro, ottenute tramite setacciatura, sono state sottoposte a riconoscimento petrografico tramite osservazioni macroscopiche e con stereomicroscopio dotato di obiettivi fino a 100 ingrandimenti. Si è così



Foto 3 - Riempimento G: l'andamento stratigrafico del materiale è concordante con l'attuale piano di scorrimento del torrente ipogeo (Foto M. Chiesi).

potuto percentualizzare la specifica natura litologica delle singole frazioni e rappresentare, in modo riassuntivo, tutti i dati relativi ad ogni singolo campione.

Durante questo esame, la definizione della composizione petrografica dei clasti (molte migliaia) è stata effettuata facendo riferimento ad alcuni specifici litotipi ma senza riconoscimento puntuale, per obiettive difficoltà interpretative, della loro effettiva appartenenza formazionale.

Le principali litologie a cui si è fatto riferimento sono state:

- i *calcari*: frammenti di roccia, caratterizzati da una forte effervescenza se trattati con HCl, che vengono incisi abbastanza facilmente con una punta di acciaio,
- le *arenarie*: frammenti di roccia a vario grado di cementazione soprattutto calcarea, costituite da una dominante componente detritica di natura sabbiosa,
- le *concrezioni calcaree*: frammenti di roccia di deposizione chimica formatasi in ambiente quasi esclusivamente ipogeo,
- le *selci*: frammenti policromi di roccia silicea cripto- o microcristallina, di aspetto e colore in genere uniformi, che non vengono scal-

- fiti da una punta di acciaio,
- la *calcite*: si tratta di aggregati o di frammenti di cristalli singoli che provengono da emergenze petrografiche particolari (vene cementanti, depositi secondari all'interno di rocce pelitiche, concrezioni, ecc.),
- il *gesso*: sono clasti che derivano dallo smantellamento, dovuto a meccanismi sia fisici che chimici, della roccia evaporitica entro cui si è sviluppata la cavità,
- il *quarzo e le quarziti*: si tratta di frammenti di cristalli singoli o di roccia silicea cristallina che, in genere, presentano superficiali fratture concoidi.
- le *serpentine*: sono rappresentate da clasti, provenienti da affioramenti di pietre verdi o di rocce detritiche esterne, che hanno subito ripetuti fenomeni di trasporto e sedimentazione.
- i *fossili*: sono costituiti da piccoli frammenti di gasteropodi anche attuali, di bivalvi e di coralli, di cui non è stato possibile stabilire con certezza l'età e le specie di appartenenza.

Delle frazioni clastiche aventi diametro inferiore a 1 millimetro, per effettiva difficoltà riconoscitiva, è stata invece determinata la composizione mineralogica utilizzando le diffrattometrie ottenute su di esse mediante raggi

X. Queste indagini conoscitive, condotte in condizioni strumentali costanti e su quantità pressoché uguali di materiale, sono state accompagnate da valutazioni semi-quantitative dei componenti cristallini identificati che, per quanto soggettive, forniscono tuttavia informazioni del tutto accettabili sulla loro probabile presenza.

Le principali fasi mineralogiche identificate sono state: il quarzo, il feldspato, la calcite, il gesso, l'illite e le miche in genere; mentre, fra quelle secondarie si è riconosciuta la presenza di clorite, montmorillonite, caolinite e dolomite; la presenza della sostanza amorfa (prevalentemente organica), è stata estrapolata basandosi su particolari caratteri dei tracciati diffrattometrici.

Caratteri morfometrici e morfoscopici

La morfologia di un frammento clastico, unitamente ad altri caratteri quali: le sue dimensioni e il suo peso specifico, rappresenta un elemento che ne condiziona il comportamento sia durante il trasporto idraulico che durante la fase di deposizione.

La sua forma poi, in genere strettamente legata alla composizione litologica e alla tessitura della sua roccia madre, può parimenti suggerire ipotesi, oltre che sulle specifiche caratteristiche petrografiche della provincia di provenienza, anche sul percorso fisico che esso ha effettuato.

Pertanto, al fine di riconoscere i caratteri specifici legati al trasporto meccanico dei frammenti clastici che costituiscono i riempimenti fisici studiati, sono state effettuate sia osservazioni sulla loro specifica forma che misure dei loro tre principali assi di sviluppo spaziale secondo quanto indicato da Krumbein (1941), definendo: a = asse maggiore, b = asse intermedio, c = asse minore.

Per rendere poi meglio leggibili i dati geometrici misurati, in accordo con Rossi & Mazarella (1998), le misure sono state effettuate su clasti raggruppati in base alle seguenti specifiche litologie:

Calcari: tutte le rocce calcaree, di cui era spesso ancora ben riconoscibile l'originaria struttura stratificata,

Selci: tutti i materiali a componente silicea (selce, quarzo e quarziti),

Arenarie: tutti i frammenti costituiti da sabbie cementate,

Gessi: tutti i clasti provenienti dalle rocce evaporitiche entro cui si è sviluppata la cavità,

Concrezioni: tutti i frammenti appartenenti

ai depositi chimici carbonatici, formati all'interno della grotta e, successivamente, smantellati e trasportati come materiale detritico dal torrente ipogeo.

Forme fondamentali - In natura le classi, in cui si raggruppano le forme fondamentali dei clasti sono: la sferica o equiassiale, la discoidale o biassiale o piatta, l'allungata o uniassiale o cilindrica e la lamellare o triassiale o piatto-allungata (RICCI LUCCHI, 1980). Tali classi vengono definite dai rapporti (b/a e c/b) di ogni frammento e sono classificate in base al diagramma di Zingg (1935) (Fig 3).

Questo criterio classificativo però identifica solo quattro forme fondamentali senza tener conto delle possibili situazioni intermedie le quali, nel precedente diagramma, tendono a collocarsi in prossimità dell'intersezione delle due rette che delimitano i quattro campi di classificazione.

Una definizione più particolareggiata, ma non perfettamente concordante con la precedente, è fornita dal diagramma triangolare di Folk (1968), sui cui assi sono riportati i valori dei rapporti c/a e (a-b)/(a-c), che identifica dieci classi ognuna delle quali caratterizzata da morfologie ben specifiche (Fig 4)

In base ai due diagrammi (ZINGG, 1935; FOLK, 1968) è ipotizzabile che nei clasti fluviali siano maggiormente presenti le forme sferiche e lamellari, mentre in quelli di spiaggia predominano le forme discoidi.

Queste considerazioni, anche se talora solo parzialmente condivise da altri Autori, trovano accettabile riscontro nell'indice di appiattimento proposto da Cailleux (1945). Questo identifica come morfologia tipica di spiaggia quella dei frammenti aventi tale indice maggiore di 2,1 e di ambiente fluviale o torrentizio quella caratterizzata da valori inferiori a 2,1.

Va tuttavia sottolineato che tutte le forme che contraddistinguono i vari clasti, non devono essere considerate come il prodotto finale di un completo meccanismo di trasporto, quanto piuttosto l'effetto reale di una tale azione, condizionata però dai caratteri strutturali originari del frammento detritico (scistosità, stratificazione, grado di cementazione, fratture, ecc.) e dal suo specifico aspetto al momento del distacco dalla roccia madre. Infatti, subordinatamente al tipo di trasporto, un clasto ottiene un progressivo aumento di sfericità se apparteneva ad una roccia omogenea e compatta; si raggiungono invece forme discoidali

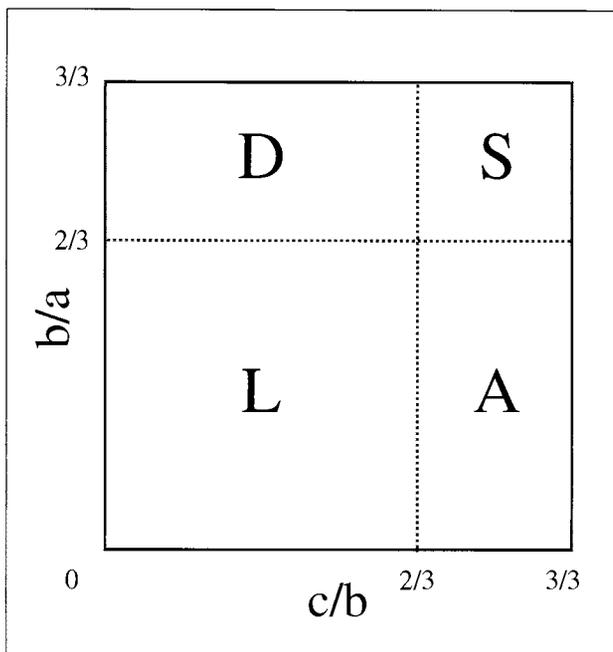


Fig. 3 - Forme fondamentali (Zingg, 1935): S = sferica; D = discoidale; L = lamellare; A = allungata.

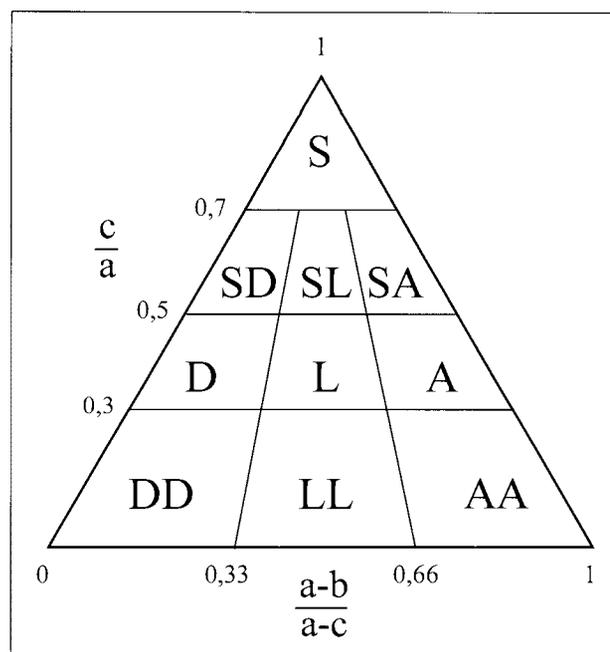


Fig. 4 - Classificazione delle forme (Folk, 1968): S = sferica o compatta; SD = sferico-dicoidale; SL = sferico-lamellare; SA = sferico-allungata; D = dicoidale; L = lamellare; A = allungata; DD = molto appiattita; LL = molto lamellare; AA = molto allungata.

se i suoi caratteri tessiturali sono quelli di una roccia di provenienza caratterizzata da fissilità o da microgiunti di stratificazione, mentre vengono acquisite forme lamellari o allungate quando il frammento proviene da un corpo lapideo notevolmente fratturato o fessurato.

Sfericità - Oltre alle forme fondamentali di riferimento proposte da Zingg (1935) e da Folk (1968), l'abito di un clasto può essere definito anche attraverso un suo confronto morfologico con una sfera. Infatti ogni frammento di roccia avente tale forma, durante un trasporto idraulico, si comporta in modo del tutto particolare in quanto, a parità di peso e di volume, oltre a corrispondere al solido avente la superficie minore, è anche quello con la più alta velocità di caduta. Al contrario ogni clasto il cui abito maggiormente si discosta dalla sfericità tanto più oppone resistenza al fluido, con conseguente rallentamento della sua velocità di caduta.

Numerosi sono stati gli Autori che hanno proposto metodi analitici per valutare, attraverso indici particolari, la sfericità di un granulo; fra essi vanno soprattutto ricordati Wadell (1932), Krumbein & Sloss (1963) e Folk (1968). Nel presente lavoro, per la definizione di questo carattere, viene utilizzato il criterio indicato da Ricci Lucchi (1980) in base al quale detta forma è numericamente definibile dal rapporto (b/a) fra il diametro medio e quello

maggiore di ogni singolo clasto in esame. Utilizzando questo rapporto vengono, su base probabilistica, indicate dieci diverse classi di sfericità definite da valori numerici lineari compresi tra 0,1 e 1,0.

La variabilità della sfericità risulta massima durante i meccanismi iniziali di trasporto del frammento, per diminuire e avvicinarsi ai rapporti numerici lineari più elevati man mano che detti meccanismi avvengono in tempi prolungati. In questi ultimi casi i parametri dimensionali possono essere, almeno in parte, condizionati dalla resistenza vettoriale all'usura dei vari litotipi che costituiscono i clasti misurati.

Arrotondamento - L'arrotondamento è un carattere non subordinato alla sfericità ma che testimonia il grado di smussamento rispetto alla spigolosità originaria di un clasto. In pratica esso rimarca gli effetti di usura dovuti al logoramento meccanico di un corpo solido che da una forma ricca di asperità si evolve ad uno con contorni lisci e spigolosità attenuate.

Questo parametro morfologico risulta dipendente dalla natura litologica e dalle dimensioni iniziali di ogni singolo frammento in base alle quali egli offre una specifica resistenza meccanica legata alla lunghezza del tragitto percorso, alla durata ed intensità del trasporto e alle condizioni climatiche locali.

Anche per rappresentare questo carattere sono stati proposti vari metodi fra i quali quello maggiormente utilizzato è quello di Powers (1953) modificato in Shepard (1963), il quale si basa su di un confronto visivo con sagome, definite da valori pre-calcolati corrispondenti al rapporto tra la media dei raggi di curvatura delle varie asperità presenti in un clasto, con il raggio della sfera massima inscrivibile all'interno del granulo stesso. Si definiscono così i seguenti sei intervalli di classe che evidenziano il progressivo diminuire del grado di spigolosità dei frammenti.

- Classe A = molto angolosa (rapporto compreso tra 0,12 e 0,17)
- Classe B = angolosa (rapporto compreso tra 0,17 e 0,22)
- Classe C = subangolosa (rapporto compreso tra 0,22 e 0,35)
- Classe D = subarrotondata (rapporto compreso tra 0,35 e 0,49)
- Classe E = arrotondata (rapporto compreso tra 0,49 e 0,70)
- Classe F = molto ben arrotondata (rapporto compreso tra 0,70 e 1,00)

Gli intervalli più limitati delle prime classi si giustificano con il fatto che con essi è possibile apprezzare valori di elevata angolosità attraverso differenze numeriche contenute; mentre quelli più ampi delle ultime, che corrispondono agli arrotondamenti più elevati, definiscono ambiti all'interno dei quali le differenze negli effetti di smussamento e di usura sono meno rimarcate.

Considerazioni relative ai caratteri granulometrici

Dai dati granulometrici della Tab.1 e relativi istogrammi (Fig.5) appare evidente la notevole variabilità dimensionale esistente sia fra i campioni prelevati nelle cinque stazioni che provenienti da livelli tessituralmente differenziati dello stesso deposito.

Nella maggior parte dei casi i materiali clastici indagati possono venire classificati come sedimenti ghiaioso-ciottolosi contenenti scarsa matrice sabbioso-siltosa (Campioni: D, I, G2, M1, M2, M3, e N5).

Sono invece: un silt sabbioso-ghiaioso il Campione G1 ed una sabbia siltosa il materiale M4.

E' classificabile come un ghiaietto sabbioso-

siltoso il sedimento N1 che, dal basso verso l'alto, diventa dapprima un silt sabbioso-argilloso (Campione N2) per passare ad una sabbia ghiaioso-siltosa (Campione N3) ed ad un silt con scarsa argilla e sabbia (Campione N4).

Gli istogrammi relativi agli spettri dimensionali (Fig.5) evidenziano come la distribuzione in classi granulometriche delle frazioni detritiche componenti, avviene in modo asimmetrico e differente a seconda dei diversi campioni.

In alcuni casi si ha una unica vera classe di massima frequenza (Campioni: D, G1, M3, N2, N4), mentre negli altri si hanno soprattutto situazioni di bimodalità definite da classi molto diverse tra loro.

Ciò testimonia che i sedimenti studiati possono essere considerati come la risultante della mescolanza di popolazioni clastiche a granulometria eterogenea (Campioni: I, G2, M1, M2, N1, N3, N5) oppure il deposito di un agente genetico (le acque del torrente ipogeo) la cui capacità meccanica di cernita selettiva del materiale trasportato era estremamente variabile nel tempo.

In base alla variabilità dei caratteri tessiturali (Tab.1) e alla loro distribuzione secondo spettri granulometrici assai diversificati (Fig.5), tenendo anche conto delle diverse quote di prelievo dei campioni analizzati rispetto all'attuale livello di scorrimento del torrente ipogeo, sono possibili le seguenti considerazioni:

- a) tutti i materiali clastici di ciascuna delle cinque posizioni di campionatura possono essere ricollegati ad episodi di sedimentazione cronologicamente diversi ed indipendenti fra loro.
- b) durante tali eventi l'energia di trasporto e la capacità di deposizione delle acque sotterranee era notevolmente diversificata e molto variabile anche durante la formazione di ciascun riempimento.
- c) ogni deposito clastico può essere considerato la testimonianza diretta di eventi climatici (forse di importanza regionale) caratterizzati da piovosità molto variabili (anche discretamente intense), da cui era condizionata la capacità di trasporto e di sedimentazione del corso d'acqua ipogeo.
- d) la variabilità granulometrica dei materiali clastici depositati ed il tratto spazialmente limitato da essi percorso all'interno della ca-

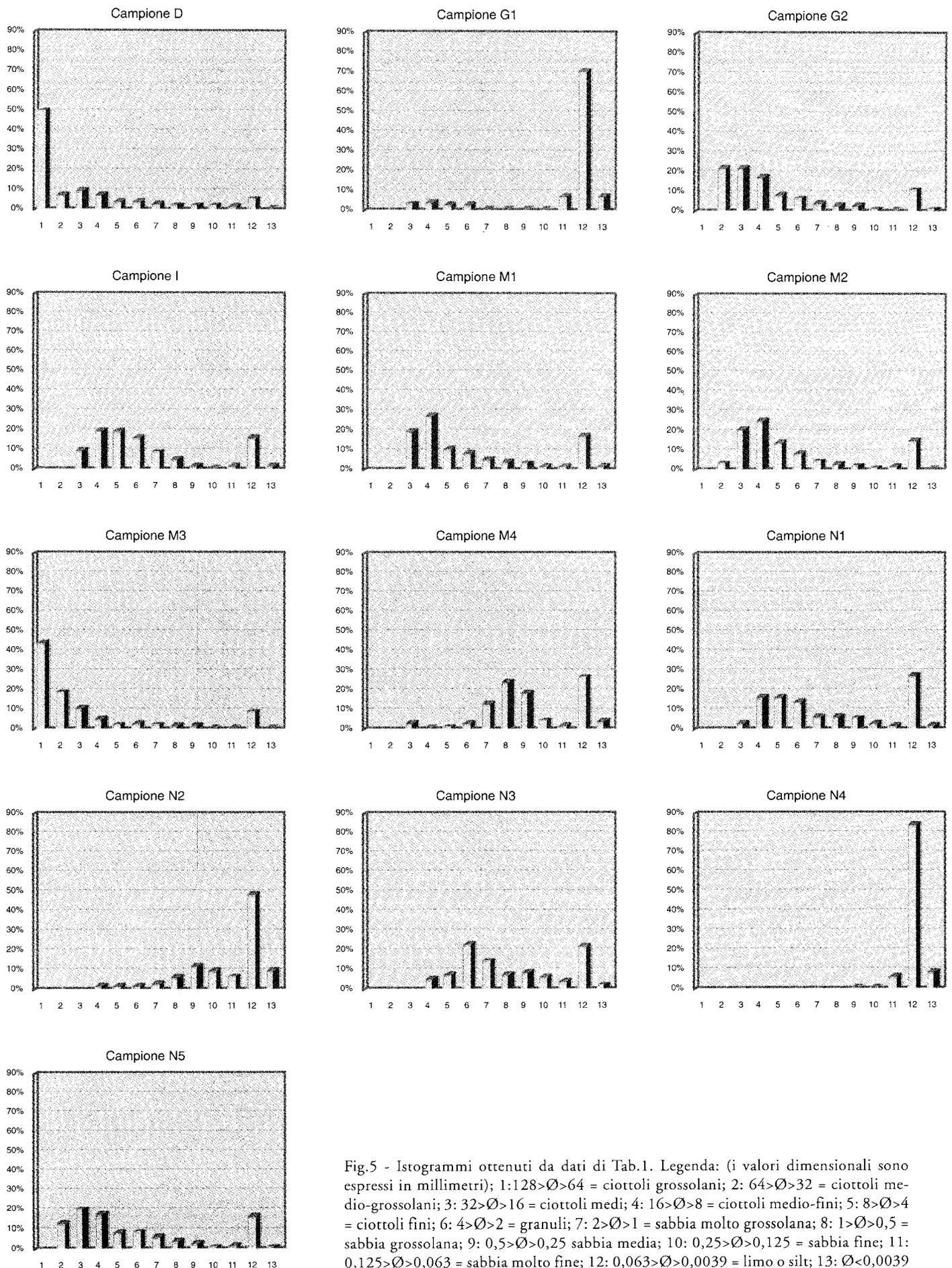


Fig.5 - Istogrammi ottenuti da dati di Tab.1. Legenda: (i valori dimensionali sono espressi in millimetri); 1:128>Ø>64 = ciottoli grossolani; 2: 64>Ø>32 = ciottoli medio-grossolani; 3: 32>Ø>16 = ciottoli medi; 4: 16>Ø>8 = ciottoli medio-fini; 5: 8>Ø>4 = ciottoli fini; 6: 4>Ø>2 = granuli; 7: 2>Ø>1 = sabbia molto grossolana; 8: 1>Ø>0,5 = sabbia grossolana; 9: 0,5>Ø>0,25 = sabbia media; 10: 0,25>Ø>0,125 = sabbia fine; 11: 0,125>Ø>0,063 = sabbia molto fine; 12: 0,063>Ø>0,0039 = limo o silt; 13: Ø<0,0039 = argilla.

	Ø in mm		D	G1	G2	i	M1	M2	M3	M4	N1	N2	N3	N4	N5
1	128-64	%	50,06	-	-	-	-	-	43,69	-	-	-	-	-	-
2	64-32	%	7,09	-	21,45	-	-	3,50	18,90	-	-	-	-	-	12,45
3	32-16	%	9,57	3,42	21,64	9,65	19,71	20,75	10,41	2,66	2,48	-	-	-	20,04
4	16-8	%	7,19	3,76	17,38	19,43	27,34	25,06	5,12	0,81	15,95	1,35	5,07	0,16	17,11
5	8-4	%	4,08	2,70	8,15	19,28	11,00	13,53	2,30	1,13	15,93	1,44	7,41	0,18	8,30
6	4-2	%	4,05	2,97	6,84	16,06	8,22	8,68	2,96	3,23	13,77	2,13	22,45	0,07	8,95
7	2-1	%	3,05	0,95	4,23	9,00	5,12	4,54	2,31	13,10	6,28	2,70	14,52	0,11	5,97
8	1-0,5	%	2,29	0,27	2,91	4,73	3,61	2,73	1,63	23,48	5,92	5,83	7,56	0,19	3,68
9	0,5-0,25	%	2,39	0,23	2,82	2,01	3,45	2,41	1,31	18,33	5,72	11,29	8,73	0,96	2,74
10	0,25-0,125	%	2,40	1,03	1,28	1,01	1,52	1,19	0,74	4,59	2,79	9,82	6,01	0,34	1,18
11	0,125-0,063	%	1,68	6,92	0,81	1,50	1,45	1,52	0,78	2,05	2,17	6,84	3,81	5,85	1,89
12	0,063-0,0039	%	5,73	70,71	11,20	15,95	17,02	15,09	8,99	26,62	26,86	48,64	22,12	83,38	16,42
13	<0,0039	%	0,42	7,04	1,29	1,38	1,56	1,00	0,86	4,00	2,13	9,96	2,32	8,76	1,27

Tab. 1 - Composizione granulometrica dei campioni studiati.

vità, influente sui loro parametri tessiturali, rappresentano elementi che indicano una eterogeneità dimensionale anche delle coperture alluvionali esterne da cui essi venivano asportati.

e) la non continuità e collegabilità stratigrafica dei riempimenti analizzati e, soprattutto, le loro diverse quote di giacitura, oltre a permettere l'esclusione di una loro coevità genetica, suggeriscono che al momento della loro formazione, le caratteristiche ambientali della grotta (suo sviluppo ed evoluzione spaziale nel tempo; quote diverse di scorrimento del torrente sotterraneo; ostacoli ed impedimenti fisici naturali al regolare deflusso delle acque ipogee e, di conseguenza, della loro capacità di trasporto e di sedimentazione; ecc.) fossero notevolmente diverse rispetto a quelle attuali. Potevano infatti esistere situazioni locali di ostacolo al regolare deflusso idrico e di variazione della capacità di trasporto del corso d'acqua causate da crolli di blocchi di roccia gessosa o da scioglimenti gravitativi di materiali in prevalenza pelitici, situazioni ora parzialmente o totalmente obliterate da fenomeni di dissoluzione chimica o di progressivo dilavamento meccanico, oppure ricollegabili a vie d'acqua secondarie ora inattive ma un tempo in grado di interferire nei meccanismi torrentizi di trasporto e di deposizione sotterranea dei materiali provenienti dall'esterno o di rielaborare meccanicamente quelli già sedimentati all'interno della cavità.

Considerazioni relative alla composizione petrografica e mineralogica dei riempimenti fisici

Di particolare significato sono i dati relativi alla petrografia e alla mineralogia (Tab. 2 e Tab. 3) dei clasti di diametro superiore ad 1 mm presenti nei campioni studiati. Si tratta in genere di litologie tipiche di formazione appenniniche, anche non direttamente affioranti nelle aree che, con i loro contributi detritici, hanno rifornito i depositi alluvionali dei corsi d'acqua che tuttora interessano o hanno in passato interessato l'area gessosa entro cui si sviluppa il sistema carsico della Mussina.

Risulta pertanto giustificata l'ipotesi che per la formazione dei riempimenti ipogei studiati si sia avuto un contributo clastico da litologie affioranti anche in zone molto lontane. Ciò soprattutto quando la natura petrografica di una parte dei clasti analizzati risulta, attualmente e con ogni probabilità anche in passato, del tutto assente nel territorio montano collinare che si estende a sud degli affioramenti evaporitici della provincia di Reggio Emilia.

Pertanto i clasti, che costituiscono i riempimenti e che in parte provengono da antichi depositi alluvionali esterni soprattutto quaternari, sono testimonianza di processi sedimentari e di rimaneggiamento di preesistenti coperture detritiche, meccanicamente movimentate e trasportate all'interno della cavità dalle acque del torrente.

Dall'analisi dei dati relativi alla composizione petrografica e mineralogica dei clasti provenienti dai diversi depositi fisici della Tana della Mussina di Borzano, ad eccezione del riempimento D, appare evidente una loro co-

	D	G1	G2	I	M1	M2	M3	M4	N1	N2	N3	N4	N5	
Calcari	%	58,8	59,7	67,6	81,4	66,1	73,2	63,2	50,5	49,3	28,1	46,1	28,0	45,5
Arenarie	%	33,3	9,0	8,9	9,2	7,1	7,2	21,9	6,8	5,5	5,2	7,9	-	4,6
Concrez.	%	-	30,0	18,6	5,2	24,4	16,8	9,6	38,5	39,7	49,7	38,8	58,0	35,2
Selci	%	4,7	-	n.v.	0,6	0,1	0,1	-	-	0,1	-	0,2	-	0,1
Calcite	%	-	1,3	3,9	2,9	1,4	2,0	2,5	3,0	2,4	13,5	4,9	2,1	11,1
Gesso	%	3,1	-	1,0	0,1	0,5	0,2	2,6	0,1	2,4	3,0	1,9	11,9	3,4
Quarzo/quarziti	%	-	-	-	0,4	0,1	0,3	0,1	-	-	-	-	-	-
Serpent.	%	-	-	n.v.	0,2	0,1	0,1	n.v.	-	0,2	-	-	-	-
Fossili	%	-	-	n.v.	-	0,2	0,1	0,1	1,1	0,4	0,5	0,2	-	0,1

Tab. 2 - Composizione petrografica della componente clastica avente diametro superiore ad 1 millimetro.

Campione D		Illite o							Sostanza	
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	amorfa
1-0,5	+++++++	++++	-	++	-	-	++	+	++	o
0,5-0,25	+++++++	+++++	++	++	-	-	++	-	++	o
0,25-0,125	+++++++	+++++	+	+	-	-	++	-	o	o
0,125-0,063	+++++++	++++	-	+	-	+	++	-	-	o
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	+++	-	+	+++	+	+	++
<0,0039	+++++	+	++	+++	+	+	++++	-	+	+++
Campione I		Illite o							Sostanza	
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	amorfa
1-0,5	+++	++	o	-	o	o	+++++++	o	-	o
0,5-0,25	+++	++	o	-	o	-	+++++++	o	o	o
0,25-0,125	++++	++	+	-	-	-	+++++++	o	o	o
0,125-0,063	+++++++	+++	+	+	-	-	+++++	o	o	o
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	++	-	+	+++	o	o	++
<0,0039	++++	+	++	++	+	++	+++	o	-	+++
Campione G1		Illite o							Sostanza	
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	amorfa
1-0,5	+++	+	-	-	o	o	+++++++	o	-	o
0,5-0,25	+++	+	-	+	o	-	+++++++	o	+	o
0,25-0,125	++++	++	+	+	o	+	+++++++	o	-	++
0,125-0,063	+++++++	+++	++	+	-	-	+++	o	+	o
0,063-0,0039	+++++++	+++	+++	++	+	+	++	o	+	++
<0,0039	+++++	+	++	++	+	+	++	-	+	+++
Campione G2		Illite o							Sostanza	
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	amorfa
1-0,5	++	+	-	-	o	o	+++++	o	-	o
0,5-0,25	+++	++	-	-	o	-	+++++++	o	+	-
0,25-0,125	++++	++	-	-	o	-	+++++++	o	+	++
0,125-0,063	+++++++	+++	+	+	o	-	+++++	o	o	o
0,063-0,0039	+++++++	++	+++	++	+	+	+++	o	+	++
<0,0039	+++++	+	++	+++	+	++	+++	o	-	+++

Tab. 3 - (continua)

Campione M1		Illite o			Clorite	Montmor.Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica							
1-0,5	++++	++	+	-	o	o	+++++++	o	++	o
0,5-0,25	++++	++	-	+	-	-	+++++++	o	++	o
0,25-0,125	++++	++	+	+	-	o	+++++++	-	+	+
0,125-0,063	+++++++	++++	+	++	-	+	+++++++	++	-	o
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	+++	-	+	++	-	-	++
<0,0039	++++	++	++	+++	+	+	++	-	-	+++
Campione M2										
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	Illite o mica	Clorite	Montmor.Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	+++	++	-	-	o	o	+++++++	-	-	o
0,5-0,25	++++	++	+	+	o	-	+++++++	o	o	+
0,25-0,125	++++	++	+	+	-	-	+++++++	++	-	+
0,125-0,063	+++++++	+++	+	+	-	-	+++++++	++	+	o
0,063-0,0039	+++++++	++	++	+	-	+	+++	+	-	+
<0,0039	+++++	+	++	++	-	++	+++	+	-	++
Campione M3										
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	Illite o mica	Clorite	Montmor.Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	++	+	+	+	o	o	+++++++	o	++	o
0,5-0,25	++	++	+	-	o	o	+++++++	+	++	o
0,25-0,125	+++	++	+	+	-	-	+++++++	-	+	+
0,125-0,063	+++++++	+++	+	-	-	-	+++++++	o	-	o
0,063-0,0039	+++++++	++	++	++	+	+	+++	-	-	+
<0,0039	+++++	+	+	++	-	++	+++	-	o	+++
Campione M4										
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	Illite o mica	Clorite	Montmor.Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	++	++	-	-	o	o	+++++++	o	o	o
0,5-0,25	++	++	+	+	o	o	+++++++	o	o	+
0,25-0,125	+++	++	+	+	-	-	+++++++	-	+	++
0,125-0,063	+++++++	++	+	+	-	-	+++++	-	+	++
0,063-0,0039	+++++++	++	++	++	+	-	+++	++	++	++
<0,0039	+++++	+	++	+++	+	+	++	+	o	+++
Campione N1										
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	Illite o mica	Clorite	Montmor.Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	+++	++	o	+	+	+	+++++++	-	+	o
0,5-0,25	+++	+	-	-	-	-	+++++++	-	-	o
0,25-0,125	+++	++	+	-	-	-	+++++++	o	o	o
0,125-0,063	++++	+++	+	o	-	o	+++++++	++	o	o
0,063-0,0039	+++++	++	++	++	-	+	+++	+	o	+
<0,0039	+++++	+	++	++	+	+	+++++	o	+	+++

Tab. 3 - (continua)

Campione N2									Illite o		
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	+++	+	-	-	o	-	+++++++	+	o	o	
0,5-0,25	+++	+	-	+	o	o	+++++++	-	-	o	
0,25-0,125	+++	++	-	-	o	o	+++++++	o	-	o	
0,125-0,063	+++++++	+++	-	-	o	o	+++++++	-	-	o	
0,063-0,0039	+++++++	++	++	++	+	++	++	o	o	++	
<0,0039	+++++	+	++	++	+	++	++	o	+	+++	
Campione N3									Illite o		
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	++	++	+	+	o	-	+++++++	-	++	o	
0,5-0,25	++	++	+	+	o	-	+++++++	-	++	o	
0,25-0,125	+++	++	-	+	o	-	+++++++	-	+	o	
0,125-0,063	+++++	+++	-	+	-	o	+++++++	-	+	o	
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	++	-	+	++++	+	+	+	
<0,0039	++++	+	++	++	+	+	+++++	o	o	+++	
Campione N4									Illite o		
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	++	+++	-	-	o	o	+++++++	-	-	o	
0,5-0,25	++	+	-	-	o	-	+++++++	o	-	++	
0,25-0,125	+++	++	-	-	-	-	+++++++	o	o	+	
0,125-0,063	+++++++	+++	-	-	-	o	+++++++	o	-	o	
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	++	+	+	+++	++	+	++	
<0,0039	+++++	+	+	++	++	++	++	++	+	+++	
Campione N5									Illite o		
Ø in mm	Quarzo	Feldspato	mica	Clorite	Montmor.	Caolinite	Calcite	Dolomite	Gesso	Sostanza amorfa	
1-0,5	++	+	-	-	o	-	+++++++	+	++	++	
0,5-0,25	++	++	-	-	o	-	+++++++	-	+	++	
0,25-0,125	+++	++	-	+	o	-	+++++++	o	-	+	
0,125-0,063	+++++++	+++	+	+	-	-	+++++++	o	-	o	
0,063-0,0039	+++++++	+++	++	++	-	+	+++	o	o	o	
<0,0039	+++++	+	++	++	+	+	++++	o	o	+++	

Tab. 3 - Composizione mineralogica semiquantitativa della componente clastica avente diametro inferiore ad 1 millimetro. Legenda: Assolutamente dominante {+++++++}, Dominante {+++++}, Molto abbondante {++++}, Abbondante {+++}, Ben presente {++}, Presente {+}, Scarso {+}, Tracce {-}, non valutabile o assente {o}

stante omogeneità qualitativa, anche se, nei vari campioni, diversa è la distribuzione percentuale dei litotipi identificati (Tab.2)

In essi risulta quasi sempre dominante la componente calcarea associata a notevoli quantità di frammenti di concrezione e di roccia arenacea; non mancano gli individui di calcite mentre i clasti gessosi, provenienti dallo smantellamento delle pareti della cavità, sono soprattutto presenti nei campioni provenienti dal riempimento N.

Altre litologie identificate quali: selci, quarzo/quarziti e serpentine o mancano o sono presenti in quantità poco significative.

Da sottolineare che, alla generale omogeneità litologica qualitativa dei vari riempimenti, si affianca anche quella quantitativa di certi tipi di roccia presenti nella stessa stazione di prelievo.

Questi dati indicherebbero che i riempimenti I, G, M ed N proverrebbero dallo smantellamento fisico di precedenti depositi chimici in-

terni combinato con una rielaborazione meccanica di coperture alluvionali esterne tutte litologicamente molto omogenee, caratteristica questa che si è mantenuta anche dopo i processi selettivi legati alle capacità di trasporto e di sedimentazione del corso d'acqua ipogeo.

Del tutto diverso risulta il Campione D, il cui specifico colore grigio-bluastro già lo differenzia da tutti gli altri che sono sempre nocciola-grigiastri. Questo riempimento risulta prevalentemente costituito da frammenti di rocce calcaree e di arenarie, anche se percentualmente significativi e litologicamente importanti sono soprattutto i suoi ciottoli di selce policroma (rossa, arancio, gialla e più di rado, grigio-nerastra); sono pure presenti clasti di roccia gessosa mentre mancano alcune delle litologie (quarzo, quarziti, serpentine, concrezioni e cristalli di calcite) identificate negli altri riempimenti.

Dal confronto dei dati composizionali di questo con quelli di tutti i campioni, si riscontrano alcune significative differenze da ricollegare non solo alle specifiche litologie presenti nei depositi di provenienza ma anche a particolari meccanismi di evoluzione morfologica della cavità.

Il Campione D risulta infatti caratterizzato:

- a) da una discreta presenza di clasti arenacei che negli altri riempimenti è sempre molto inferiore;
- b) da circa il 5% di frammenti di selce, praticamente assenti o presenti in quantità poco significativa negli altri depositi;
- c) da una assoluta assenza di clasti provenienti da concrezioni e di cristalli di calcite, che sono invece estremamente abbondanti e caratterizzanti negli altri campioni ed, in particolare, in quelli prelevati dal riempimento N.

Queste caratteristiche litologiche, la granulometria, l'ubicazione di questo campione ad una quota superiore a quella di tutti gli altri riempimenti analizzati, il suo andamento stratigrafico inclinato rispetto a quello sub-orizzontale dell'attuale profilo di equilibrio del torrente interno, sono tutti caratteri che lo diversificano suggerendo;

- a) una sua provenienza da coperture alluvionali esterne, probabilmente ora del tutto asportate, diverse da quelle che successivamente hanno alimentato gli altri riempimenti;

- b) una sua messa in posto attraverso meccanismi di inghiottimento gravitativo dall'esterno e di deposizione per scivolamento su piani inclinati del materiale movimentato, piuttosto che ad un suo legame genetico con un paleotorrente dalle caratteristiche energetiche e di flusso idrico analoghe a quelle dell'attuale corso d'acqua ipogeo.

Queste ipotesi genetiche non escludono la possibilità che l'attuale andamento inclinato di questo riempimento sia un carattere acquisito in seguito a movimenti tettonici che avrebbero frammentato in blocchi una porzione della parte superiore della formazione gessosa alterandone l'originaria giacitura stratigrafica. Questi effetti di sconnesione sarebbero stati posteriori ai fenomeni di carsismo, responsabili della formazione del tratto più antico del sistema ipogeo, e ai meccanismi di paleotrasporto al suo interno di materiale detritico eterometrico proveniente da coperture alluvionali superficiali diverse da quelle, più recenti, da cui poi è stata asportata gran parte della componente clastica invece presente negli altri riempimenti interni. Prima di questi eventi il tratto di cavità, in cui è situato il riempimento D, avrebbe avuto uno sviluppo assai meno inclinato di quello ora indicato dall'andamento stratigrafico del deposito clastico.

Inoltre la presenza nei riempimenti I, G, M ed N di una notevole quantità di frammenti di cristalli di calcite e di clasti, tutti provenienti dallo smantellamento di concrezioni calcaree, sono una ulteriore conferma della non coevità di tali sedimenti e del Campione D e una sicura testimonianza che, prima della loro deposizione nella grotta erano presenti potenti depositi chimici di concrezionamento, poi meccanicamente demoliti e movimentati dal torrente sotterraneo sotto forma di materiale clastico.

In base a specifiche presenze litologiche dei riempimenti I, G, M ed N si avrebbe testimonianza di una successione di eventi climatici, caratterizzati da diversa piovosità, dapprima favorevoli ad una deposizione chimica di concrezioni calcaree all'interno della grotta, poi responsabili del convogliamento di grandi volumi d'acqua che avrebbero provocato lo smantellamento delle concrezioni già formatesi e il trasporto, rielaborato e ripetuto, nel tempo attraverso azioni fisico-meccaniche, di tutti i frammenti di roccia che venivano prodotti con la distruzione dei depositi chimici.

Va inoltre sottolineato che anche la roccia gessosa, entro cui si è sviluppato tutto il siste-

ma carsico, ha contribuito con un proprio variabile apporto detritico alla formazione della maggior parte dei riempimenti interni.

Anche dai dati della Tab.3, che riporta soggettive valutazioni semiquantitative della presenza dei principali minerali costituenti, suggerite dall'esame dei tracciati diffrattometrici ottenuti sulle frazioni granulometriche di diametro inferiore a 1 mm, viene ribadita la differenza tra il Campione D e gli altri sedimenti.

Infatti nelle classi dimensionali corrispondenti alla sabbia da media a molto fine del primo risulta: assolutamente dominante il quarzo, molto abbondante il feldspato, presenti la calcite ed il gesso, da scarsa ad assente la dolomite; mentre in quelle limose ed argillose il quarzo rimane il componente dominante, il feldspato rapidamente diminuisce mentre aumentano calcite e sostanza amorfa; si mantengono ben presenti la clorite e l'illite, scarsa è la caolinite e talora assente la montmorillonite.

Più uniforme appare la distribuzione dei minerali identificati nelle analoghe classi granulometriche degli altri campioni nelle cui diverse frazioni sabbiose quarzo e feldspato sembrano in quantità subordinate rispetto al limo e all'argilla, mentre l'andamento distributivo della calcite vede questo minerale come dominante soprattutto nelle prime.

Sempre non particolarmente significativi sono la dolomite e il gesso, mentre nel limo e nella argilla le variazioni quantitative dei minerali argillosi e della sostanza amorfa sembrano del tutto analoghe a quelle ipotizzate per il Campione D.

Considerazioni conclusive relative ad alcuni caratteri morfometrici e morfoscopici dei clasti di diametro superiore a 2 mm.

I dati, attinenti ai caratteri morfometrici e morfoscopici dei clasti studiati, sono tabellizzati con criterio riassuntivo facendo riferimento alle litologie più significative senza tener conto delle diverse classi granulometriche di loro appartenenza.

Questo perché in ogni singola frazione granulometrica le caratteristiche dimensionali misurate o solo osservate ricalcano o di poco si discostavano da quelle delle classi di maggior frequenza relative alla totalità della popolazione clastica di ogni singolo campione.

Forme fondamentali

Dalla Tab.4, che suddivide in quattro forme fondamentali i dati morfometrici elaborati se-

condo la classificazione di Zingg (1935), appare evidente una distribuzione prevalente, anche se in percentuali diverse, della componente detritica misurata che, comunque, non permette un riconoscimento sicuro dei meccanismi di formazione dei vari riempimenti.

Ad eccezione del Campione I, in cui tutte le litologie presentano prevalenti forme lamellari ricollegabili ad azioni di abrasione piano-parallele, in tutti gli altri materiali sia i calcari che le arenarie sono caratterizzati da forme discoidali mentre le concrezioni percentualmente si suddividono tra quest'ultima e quella sferica. Per quanto riguarda i frammenti di selce, presenti in modo significativo nel solo Campione D, si hanno individui appartenenti a tutte e quattro le forme fondamentali con frequenze dominanti in quella sferica ed in quella discoidale.

Il quadro riassuntivo delle principali morfologie secondo il metodo di Zingg (1935), pur nell'incertezza interpretativa legata alle loro reali cause modellatrici e nella consapevolezza dell'importanza condizionante degli originari caratteri tessiturali e di cementazione della roccia di provenienza e di quelli acquisiti al momento di distacco da essa di ogni frammento (forma, dimensione, ecc.), indica come quasi costantemente dominanti le forme discoidali, quali risultati prodotti da una azione meccanica selettiva esercitata dalle onde marine nei confronti del ciottolame trasportato dai fiumi.

La presenza contemporanea nel medesimo campione di una significativa popolazione di clasti di forma sferica, interpretabile come testimonianza di un apporto ghiaioso torrentizio, suggerisce che le coperture alluvionali esterne, da cui sono provenuti i materiali dei riempimenti ipogei, si siano formate attraverso processi di mescolanza e di rimaneggiamento locale di quantità variabili di ciottolame sia di selezione meccanica marina che di diretto apporto fluviale.

A detti materiali, ma soltanto in ambiente ipogeo, si sarebbero associati numerosi frammenti di concrezione calcaree, le cui attuali prevalenti forme discoidali e sferiche, sono con sicurezza ricollegabili, nel primo caso, alle tessiture e alle forme dei clasti originari e, nel secondo, al breve percorso torrentizio da essi fatto all'interno della cavità.

Gli stessi dati dimensionali, utilizzati per il diagramma binario di Zingg (1935) ma elaborati in base a quello triangolare di Folk (1968), hanno permesso una loro più puntuale classificazione in classi morfologiche intermedie fra le quattro fondamentali.

Campione D		S	D	L	A	Campione G1		S	D	L	A
Calcari	%	24,0	47,9	13,3	14,8	Calcari	%	36,5	41,9	8,1	13,5
Arenarie	%	32,0	39,1	13,3	15,6	Arenarie	%	16,7	44,4	22,2	16,7
Concrezioni	%	-	-	-	-	Concrezioni	%	45,8	25,4	8,5	20,3
Selci	%	35,3	35,3	7,6	21,8	Selci	%	-	-	-	-
Gessi	%	0,0	34,4	58,1	7,5	Gessi	%	-	-	-	-
Campione G2		S	D	L	A	Campione I		S	D	L	A
Calcari	%	30,5	40,9	14,3	14,3	Calcari	%	28,1	24,3	34,4	13,2
Arenarie	%	17,9	46,3	26,2	9,6	Arenarie	%	21,8	19,7	48,1	10,4
Concrezioni	%	46,7	28,3	7,2	17,8	Concrezioni	%	30,6	23,9	35,7	10,0
Selci	%	-	-	-	-	Selci	%	7,2	5,0	85,0	2,8
Gessi	%	-	-	-	-	Gessi	%	-	-	-	-
Campione M1		S	D	L	A	Campione M2		S	D	L	A
Calcari	%	25,5	42,7	13,2	18,6	Calcari	%	23,8	45,3	17,1	13,8
Arenarie	%	22,3	50,0	18,1	9,6	Arenarie	%	12,2	57,7	17,7	12,2
Concrezioni	%	35,6	35,6	6,1	22,7	Concrezioni	%	27,5	55,2	7,2	10,1
Selci	%	-	-	-	-	Selci	%	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	Gessi	%	-	-	-	-
Campione M3		S	D	L	A	Campione M4		S	D	L	A
Calcari	%	30,7	35,8	16,5	17,0	Calcari	%	26,4	41,6	12,3	19,7
Arenarie	%	14,9	56,2	17,5	11,4	Arenarie	%	12,9	55,2	18,3	13,6
Concrezioni	%	36,6	51,5	2,0	9,9	Concrezioni	%	30,3	52,3	6,5	10,9
Selci	%	-	-	-	-	Selci	%	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	Gessi	%	-	-	-	-
Campione N1		S	D	L	A	Campione N5		S	D	L	A
Calcari	%	39,4	35,4	12,2	13,0	Calcari	%	31,0	35,1	15,9	18,0
Arenarie	%	23,1	46,1	20,5	10,3	Arenarie	%	15,6	49,3	19,5	15,6
Concrezioni	%	57,8	27,8	3,1	11,3	Concrezioni	%	34,4	39,4	10,6	15,6
Selci	%	-	-	-	-	Selci	%	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	Gessi	%	-	-	-	-

Tab. 4 - Distribuzione percentuale dei clasti dei vari campioni esaminati nelle quattro forme fondamentali proposte da Zingg (1935) (S = sferica; D = discoidale; L = lamellare; A = allungata).

I risultati ottenuti (Tab.5), parzialmente in disaccordo con la suddivisione risultante dal metodo di Zingg, indicano che le varie popolazioni clastiche appartenenti alle forme fondamentali: sferica (S), appiattita (D), lamellare (L) e allungata (A), mediamente assommano a circa il 50% del totale.

A loro volta quelle sferico-discoidali = SD, sferico-lamellari = SL e sferico-allungate = SA (circa 30%) risultano percentualmente subordinate alle precedenti ma prevalgono su quelle (circa 20%) molto appiattite = DD, molto lamellari = LL e molto allungate = AA, che corrispondono alla popolazione clastica che maggiormente ha subito meccanismi di elaborazione e selezione morfologica da parte dei diversi agenti di trasporto.

Fra le quattro forme fondamentali a quella lamellare appartengono sempre le maggiori quantità percentuali dei calcari e, in molti casi, anche delle arenarie e delle concrezioni; anche le selci, presenti in modo significativo nel solo Campione D, sono significativamente presenti in questa classe morfologica.

A questo raggruppamento seguono, in ordine di importanza quantitativa, quelli definiti: dalle forme appiattite, da quelle discoidali ed infine da quelle sferiche; anche in questi specifici casi viene rispettato la stessa successione di peso petrografico seguita dai clasti di forma lamellare.

Per quanto riguarda le tre forme intermedie fra le quattro fondamentali, le diverse litologie identificate, pur senza una predominanza spe-

Campione D		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	3,6	5,1	13,6	11,1	11,8	23,7	17,0	4,1	7,2	2,8
Arenarie	%	6,8	8,2	16,0	15,4	6,1	22,5	15,4	1,7	6,5	1,4
Concrezioni	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selci	%	4,3	8,6	23,2	14,7	6,9	22,4	14,7	0,9	1,7	2,6
Gessi	%	-	-	-	1,8	1,8	14,5	5,5	10,9	34,5	30,9
Campione G1											
Campione G1		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	11,4	14,3	17,1	10,0	5,7	14,3	11,4	5,7	7,1	2,9
Arenarie	%	-	-	5,9	5,9	11,8	11,8	17,6	5,9	35,2	5,9
Concrezioni	%	10,5	5,3	19,3	17,5	3,5	14,0	21,0	1,8	5,3	1,8
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione G2											
Campione G2		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	7,7	7,7	15,5	11,1	9,8	20,6	14,8	4,4	4,7	3,7
Arenarie	%	3,8	5,2	8,5	11,3	5,7	17,9	11,8	10,8	18,4	6,6
Concrezioni	%	8,7	5,1	16,4	24,1	8,7	15,4	11,3	3,6	4,6	2,1
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione i											
Campione i		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	7,1	4,3	17,7	21,6	8,9	20,2	12,8	3,5	0,7	3,2
Arenarie	%	7,3	7,7	15,5	23,1	7,3	15,5	15,0	1,8	4,1	2,7
Concrezioni	%	6,3	6,3	20,5	16,5	7,1	24,3	15,0	0,0	1,6	2,4
Selci	%	8,3	16,7	16,7	20,7	4,2	16,7	12,5	-	4,2	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M1											
Campione M1		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	4,6	7,6	13,2	12,9	9,3	18,2	21,0	6,3	4,3	2,6
Arenarie	%	4,9	4,3	9,8	12,2	9,1	18,9	5,5	13,4	19,5	2,4
Concrezioni	%	3,6	6,0	17,1	20,3	8,8	19,1	16,3	2,8	3,2	2,8
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M2											
Campione M2		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	6,3	5,9	11,9	11,5	11,1	20,5	14,6	6,3	8,3	3,6
Arenarie	%	2,8	2,8	5,6	7,7	11,9	19,6	9,8	18,2	17,5	4,2
Concrezioni	%	5,9	4,4	18,5	6,7	8,9	29,7	8,9	3,0	13,3	0,7
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M3											
Campione M3		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	8,2	12,3	10,5	14,6	5,8	17,7	14,0	2,3	10,5	4,1
Arenarie	%	4,5	3,6	7,1	5,4	13,4	16,1	12,5	17,0	17,7	2,7
Concrezioni	%	13,7	12,6	16,8	12,6	10,5	22,2	4,2	4,2	2,1	1,1
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M4											
Campione M4		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	9,6	8,2	12,4	15,1	6,7	18,5	13,2	2,1	9,6	4,6
Arenarie	%	5,2	3,8	6,3	4,9	15,1	14,3	16,4	13,2	18,0	2,8
Concrezioni	%	6,5	5,7	18,7	15,3	9,9	28,6	6,9	5,0	2,4	1,0
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 5 - (continua)

Campione N1		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	10,9	10,9	16,3	17,5	7,8	16,3	12,1	1,2	2,3	4,7
Arenarie	%	5,4	10,8	13,5	8,1	10,8	21,7	8,1	8,1	10,8	2,7
Concrezioni	%	11,6	7,4	26,1	21,1	6,3	20,0	5,3	1,1	1,1	0,0
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione N5		S	SD	SL	SA	D	L	A	DD	LL	AA
Calcari	%	8,5	6,0	12,3	16,6	7,2	20,8	14,9	3,0	7,7	3,0
Arenarie	%	7,9	3,9	2,6	6,6	9,2	23,8	19,7	9,2	13,2	3,9
Concrezioni	%	6,5	8,0	14,5	18,0	8,0	20,5	13,0	3,0	7,0	1,5
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 5 - Distribuzione percentuale dei clasti dei vari campioni esaminati nelle dieci forme fondamentali proposte da Folk (1968) (S = sferica o compatta; SD = sferico-dicoidale; SL = sferico-lamellare; SA = sferico-allungata; D = dicoidale; L = lamellare; A = allungata; DD = molto appiattita; LL = molto lamellare; AA = molto allungata).

cifica, si distribuiscono soprattutto nelle classi SL ed SA mentre la SD è pressoché sempre subordinata a queste ultime.

In relazione ai gruppi, per i quali sono ipotizzabili le più intense azioni selettive di differenziazione morfometrica, si hanno le maggiori concentrazioni di clasti in quello molto lamellare (LL) seguito da quello che raggruppa le forme molto appiattite (DD) ed, infine, da quello costituito dalle forme molto allungate (AA).

In queste tre ultime classi risultano sempre percentualmente più rappresentati sia i calcari che le arenarie mentre le concrezioni appartengono alla litologia di importanza numerica inferiore.

Va poi sottolineato il comportamento distributivo dei principali tipi di roccia del Campione I nei vari campi dello stesso diagramma di Folk.

Per quanto riguarda le sue quattro forme fondamentali valgono le stesse considerazioni espresse per gli altri campioni mentre per le classi interposte tra quelle fondamentali domina quella in cui si collocano i clasti sferico-allungati, seguita da quella sferico-lamellare e, in netto subordine, da quella sferico-dicoidale.

In questo campione le forme definite dai più bassi rapporti degli assi di sviluppo *c/a* (DD, LL e AA) risultano essere quelle di più scarsa, o addirittura nulla, rilevanza percentuale.

Le considerazioni, suggerite dalla Tab.5 e relative ai dati morfometrici dei clasti elaborati in base al criterio classificativo di Folk (1968), per le quali rimane sempre valida l'importanza condizionante sulla loro evoluzione morfologica dalla originaria tessitura, grado di cementazione e forma iniziale, permettono di ipotiz-

zare il peso dei meccanismi modellatori, in certi casi anche particolarmente intensi, che hanno interessato le varie popolazioni clastiche presenti nei riempimenti ipogei studiati.

Sicuramente si sono avuti fenomeni, localmente diversificati, di usura e di abrasione dei materiali fluviali trasportati al mare da zone anche molto lontane dalle aree in cui furono depositate le coperture alluvionali presenti al di sopra della formazione gessosa messiniana.

La progressiva evoluzione fisico-meccanica delle quattro forme fondamentali verso tipologie di più rimarcata differenza morfometrica si spiegherebbe con prolungate e diversificate azioni di trasporto da parte di correnti di spiaggia della componente clastica fluviale.

Pertanto, in base alle indicazioni fornite dalla classificazione di Folk (1965), mentre l'aspetto morfologico del ciottolame calcareo, arenaceo e selcioso, è testimonianza della intensa interazione tra gli originari caratteri tessiturali e strutturali dei frammenti di roccia e le prolungate azioni di loro trasporto meccanico, le forme dei clasti di concrezione risultano in particolare condizionate dalle loro specifiche caratteristiche di partenza e, subordinatamente, da azioni di trasporto torrentizio sotterraneo di breve durata.

Per quanto riguarda il Campione I le cui forme DD, LL, e AA hanno le più basse incidenze percentuali, si può ipotizzare che i suoi clasti componenti, prima del loro trasporto in ambiente ipogeo, non abbiano subito le stesse azioni di non trascurabile abrasione ed usura meccanica che invece hanno coinvolto pressoché tutti i frammenti provenienti dall'esterno e presenti negli altri riempimenti studiati.

Infine in base alla suddivisione statistica, ottenuta dall'elaborazione dei valori dimensionali effettuata utilizzando l'indice di appiattimento di Cailleux(1945) (Tab.6), è possibile affermare che le maggiori percentuali di valori $< 2,1$ dei frammenti di calcare, di concrezione e di selce corrispondono a morfologie profondamente condizionate da un loro trasporto fluviale mentre in evidente subordine quantitativo sono quelli con indici $> 2,1$, i quali rappresenterebbero la componente detritica che avrebbe maggiormente risentito delle azioni di usura meccanica provocati dall'energia di correnti di spiaggia.

Comportamento opposto presenta la maggior parte dei clasti provenienti da rocce arenacee i cui relativi indici di appiattimento, in prevalenza $> 2,1$, indicano una dominante azio-

ne morfogenetica da parte di correnti litorali. A questi ultimi si sarebbe unita una quantità subordinata di frammenti che conservavano ancora evidenti le testimonianze morfologiche degli effetti modellatori dovuti ad azioni meccaniche proprie di ambienti fluviali.

Sfericità

Nella Tab.7 è percentualizzata la popolazione clastica dei campioni studiati secondo una scala lineare definita dagli indici di sfericità ottenuti dal rapporto dimensionale fra l'intercetta intermedia e quella maggiore di ogni singolo frammento (RICCI LUCCHI, 1980). Dall'analisi dei dati di questa tabella appare soprattutto evidente che per tutte le litologie esistono alcune classi di frequenza prevalente. Si tratta in genere dell'ambito compreso tra i va-

Campione D	i.a.	<2,1	>2,1	Campione G1	i.a.	<2,1	>2,1
Calcari	%	59,8	40,2	Calcari	%	71,6	28,4
Arenarie	%	71,3	28,7	Arenarie	%	29,4	70,6
Concrezioni	%	-	-	Concrezioni	%	73,7	26,3
Selci	%	79,3	20,7	Selci	%	-	-
Gessi	%	11,2	88,8	Gessi	%	-	-
Campione G2	i.a.	<2,1	>2,1	Campione i	i.a.	<2,1	>2,1
Calcari	%	61,2	38,8	Calcari	%	70,8	29,2
Arenarie	%	40,7	59,3	Arenarie	%	79,7	20,3
Concrezioni	%	73,1	26,9	Concrezioni	%	76,0	24,0
Selci	%	-	-	Selci	%	88,0	12,0
Gessi	%	-	-	Gessi	%	-	-
Campione M1	i.a.	<2,1	>2,1	Campione M2	i.a.	<2,1	>2,1
Calcari	%	63,8	36,2	Calcari	%	56,2	43,8
Arenarie	%	41,2	58,8	Arenarie	%	32,2	67,8
Concrezioni	%	72,2	27,8	Concrezioni	%	58,8	41,2
Selci	%	-	-	Selci	%	-	-
Gessi	%	-	-	Gessi	%	-	-
Campione M3	i.a.	<2,1	>2,1	Campione M4	i.a.	<2,1	>2,1
Calcari	%	66,5	33,5	Calcari	%	62,8	37,2
Arenarie	%	40,7	59,3	Arenarie	%	38,6	61,4
Concrezioni	%	74,7	25,3	Concrezioni	%	65,8	34,2
Selci	%	-	-	Selci	%	-	-
Gessi	%	-	-	Gessi	%	-	-
Campione N1	i.a.	<2,1	>2,1	Campione N5	i.a.	<2,1	>2,1
Calcari	%	77,6	22,4	Calcari	%	64,4	35,6
Arenarie	%	63,2	36,8	Arenarie	%	47,4	52,6
Concrezioni	%	89,5	10,5	Concrezioni	%	67,2	32,8
Selci	%	-	-	Selci	%	-	-
Gessi	%	-	-	Gessi	%	-	-

Tab. 6 - Classificazione percentuale secondo l'indice di appiattimento (i.a.) di Cailleux (1945) dei clasti dei diversi campioni esaminati in funzione della loro composizione petrografica.

Campione D		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	0,2	-	0,3	7,0	20,4	26,3	28,3	15,4	2,1	-
Arenarie	%	-	-	1,7	2,4	14,2	27,5	28,0	22,1	4,1	-
Concrezioni	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selci	%	-	-	0,5	1,5	4,5	28,7	33,6	24,6	6,6	-
Gessi	%	-	2,3	18,1	39,4	22,4	12,1	5,7	-	-	-
Campione G1		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	-	13,8	3,0	16,4	37,2	17,8	11,8	-
Arenarie	%	-	-	14,3	11,7	18,2	32,4	23,4	-	-	-
Concrezioni	%	-	-	-	12,1	9,6	14,5	41,2	14,0	8,6	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione G2		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	0,3	2,8	9,7	13,0	23,9	25,9	18,1	5,9	0,4
Arenarie	%	-	0,8	6,3	20,2	26,3	16,0	19,3	9,4	1,7	-
Concrezioni	%	-	-	7,7	6,2	12,3	16,6	24,6	28,4	4,2	-
Selci	%	-	-	-	-	-	36,4	27,3	27,2	9,1	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione I		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	4,1	5,5	10,9	21,4	29,0	28,4	3,4	0,3
Arenarie	%	-	-	0,7	3,7	9,5	18,5	30,8	32,4	4,4	-
Concrezioni	%	-	-	-	1,0	8,0	26,0	37,0	22,0	6,0	-
Selci	%	-	-	0,3	1,0	1,0	11,3	17,1	13,3	6,0	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M1		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	5,1	9,4	13,1	23,7	29,8	14,9	4,0	-
Arenarie	%	-	0,4	7,6	20,1	15,8	21,9	18,3	13,3	2,6	-
Concrezioni	%	-	-	0,3	4,1	21,3	29,8	22,5	19,0	3,0	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M2		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	1,0	12,5	19,8	21,0	26,7	14,4	4,6	-
Arenarie	%	0,8	0,7	8,5	21,4	25,4	16,1	16,5	8,8	1,8	-
Concrezioni	%	-	-	3,3	7,0	16,6	23,1	29,5	17,0	3,5	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M3		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	3,2	8,9	13,9	22,9	25,7	22,4	3,0	-
Arenarie	%	-	-	7,5	20,8	15,6	16,9	25,5	11,2	2,5	-
Concrezioni	%	-	-	1,5	3,3	15,8	23,0	31,8	17,6	7,1	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione M4		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	4,0	7,6	13,8	21,9	23,5	23,0	6,2	-
Arenarie	%	-	1,0	6,8	15,0	13,0	17,4	27,1	14,7	5,0	-
Concrezioni	%	-	-	3,0	5,0	14,6	22,4	30,8	17,1	7,1	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7 - (continua)

Campione N1		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	-	1,1	2,8	10,5	20,7	34,7	21,7	7,4	1,1
Arenarie	%	-	-	-	28,5	15,4	8,6	32,1	11,9	3,5	-
Concrezioni	%	-	-	6,3	-	18,8	18,8	56,1	-	-	-
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Campione N5		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Calcari	%	-	0,5	3,2	7,0	9,7	28,0	26,3	17,2	8,1	-
Arenarie	%	-	-	6,5	15,6	23,3	19,5	20,8	9,1	5,2	-
Concrezioni	%	-	0,5	1,1	6,5	13,4	21,5	26,3	27,4	2,2	1,1
Selci	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gessi	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7 - Distribuzione percentuale nelle classi di frequenza proposte da Ricci Lucchi (1980) degli indici di sfericità (b/a) dei clasti presenti nei campioni esaminati in funzione della loro composizione petrografica.

lori di 0,6 e 0,8, con le maggiori concentrazioni percentuali nel gruppo 0,7. Questo comportamento distributivo, con qualche piccolo spostamento verso classi con indici di sfericità di poco inferiori, risulta perfettamente analogo a quello che si riscontra in ogni singola frazione granulometrica di diametro superiore a 2 millimetri. Le poche differenze riscontrabili sono legate alla componente clastica arenacea sia del Campione M2, in cui il ciottolame avente questa natura si colloca preferenzialmente nelle classi con indici di sfericità 0,4 e 0,5, sia del Campione N5 dove i clasti arenacei sono soprattutto presenti nell'ambito definito da indici compresi tra 0,5 e 0,7. In questi due campioni le rimanenti litologie seguono lo stesso comportamento distributivo degli analoghi frammenti che costituiscono gli altri materiali studiati.

Pertanto correlando i risultati percentuali, ottenuti in base agli indici di sfericità proposti da Ricci Lucchi (1980), non soltanto alla natura litologica e ai caratteri strutturali delle rocce di provenienza ma anche ai processi morfogenetici e a quelli selettivi che possono avere interessato tutti i clasti, sembra evidente che i frammenti dagli indici di sfericità più elevati sono collegabili ad azioni di trasporto fluviale ad alta energia mentre quelli che maggiormente si discostano da una forma sferica e hanno i valori di sfericità più bassi devono le loro morfologie a meccanismi di abrasione ed usura legati a correnti di spiaggia, queste ultime anche responsabili dei fenomeni di selezione gravitativa connessi soprattutto alla forma e assai meno alla dimensione dei ciottoli.

In accordo con queste considerazioni sembra corretto affermare che, nei campioni esa-

minati, predominano i clasti i cui indici di sfericità medio-alti sono ricollegabili ad azioni meccaniche tipiche di un ambiente di trasporto ad elevata energia torrentizia; a questi, ma in evidente subordine quantitativo, si associerebbe una popolazione di frammenti a più basso indice di sfericità, in parte meccanicamente abrasivi ma soprattutto selezionati in base alla loro forma dalle correnti litorali marine.

Arrotondamento

Sorgente di molte informazioni è la Tab.8, in cui è percentualizzato, secondo le sei classi proposte da Powers (1953) modificate in Shepard (1965), il grado di smussamento dei clasti presenti nei campioni analizzati.

Da essa si hanno anche chiare indicazioni sul comportamento fisico delle diverse litologie, quale specifica risposta dei corrispondenti frammenti ai meccanismi connessi alla durata, all'intensità e alla lunghezza del trasporto.

I valori percentuali della tabella riassumono, per ogni campione, i vari stadi di arrotondamento di tutta la popolazione clastica di diametro superiore a 2 millimetri. Risultati pressochè identici caratterizzano anche ogni sua singola frazione granulometrica sebbene alcune di quelle più fini presentino valori di arrotondamento che, più simili a quelli di forme maggiormente smussate, tendono a discostarsi dal dato medio che riguarda la totalità dei frammenti.

Data l'importanza delle informazioni fornite dalla Tab.8 si è proceduto a un loro esame attraverso un confronto incrociato dei dati relativi ai clasti o dei diversi campioni o provenienti dallo stesso riempimento.

Campione D	A	B	C	D	E	F	Campione G1	A	B	C	D	E	F
Calcari	% 2,1	6,0	11,3	21,4	39,3	19,9	Calcari	% 1,3	13,9	25,3	34,1	16,5	8,9
Arenarie	% 11,4	8,4	19,1	15,7	29,0	16,4	Arenarie	% -	-	23,5	41,2	23,5	11,8
Concrezioni	% -	-	-	-	-	-	Concrezioni	% 3,4	16,9	40,7	28,8	10,2	-
Selci	% 2,4	11,4	34,1	48,0	3,3	0,8	Selci	% -	-	-	-	-	-
Gessi	% 52,5	45,5	2,0	-	-	-	Gessi	% -	-	-	-	-	-
Campione G2	A	B	C	D	E	F	Campione I	A	B	C	D	E	F
Calcari	% 12,5	40,9	30,3	14,7	1,6	-	Calcari	% 1,2	2,5	28,6	25,2	19,7	22,8
Arenarie	% 15,1	41,8	24,0	15,1	4,0	-	Arenarie	% 0,4	3,6	21,8	32,0	33,3	8,9
Concrezioni	% 21,2	49,9	20,7	8,2	-	-	Concrezioni	% 9,9	24,8	37,2	23,1	5,0	-
Selci	% -	-	-	-	-	-	Selci	% -	7,7	50,0	30,8	11,5	-
Gessi	% -	-	-	-	-	-	Gessi	% -	-	-	-	-	-
Campione M1	A	B	C	D	E	F	Campione M2	A	B	C	D	E	F
Calcari	% 11,4	49,0	24,4	12,7	1,9	0,6	Calcari	% 6,0	57,4	16,6	10,2	8,7	1,1
Arenarie	% 22,7	46,2	20,1	9,1	1,9	-	Arenarie	% 23,1	42,9	16,5	9,9	5,2	2,4
Concrezioni	% 41,8	38,3	14,3	5,6	-	-	Concrezioni	% 45,1	41,8	11,5	1,6	-	-
Selci	% -	-	-	-	-	-	Selci	% -	-	-	-	-	-
Gessi	% -	-	-	-	-	-	Gessi	% -	-	-	-	-	-
Campione M3	A	B	C	D	E	F	Campione M4	A	B	C	D	E	F
Calcari	% 3,9	44,5	32,8	18,0	0,8	-	Calcari	% 24,2	35,1	27,5	13,2	-	-
Arenarie	% 16,5	32,4	33,0	18,1	-	-	Arenarie	% 30,7	33,3	24,0	12,0	-	-
Concrezioni	% 40,2	30,2	21,9	7,1	0,6	-	Concrezioni	% 48,8	32,1	16,7	2,4	-	-
Selci	% -	-	-	-	-	-	Selci	% -	-	-	-	-	-
Gessi	% -	-	-	-	-	-	Gessi	% -	-	-	-	-	-
Campione N1	A	B	C	D	E	F	Campione N5	A	B	C	D	E	F
Calcari	% 9,8	55,6	14,4	6,5	12,4	1,3	Calcari	% 3,2	48,1	30,5	17,1	1,1	-
Arenarie	% 70,6	17,6	5,9	-	5,9	-	Arenarie	% 14,0	34,3	33,1	18,6	-	-
Concrezioni	% 10,7	39,2	28,6	17,9	3,6	-	Concrezioni	% 38,2	31,2	18,6	10,9	1,1	-
Selci	% -	-	-	-	-	-	Selci	% -	-	-	-	-	-
Gessi	% -	-	-	-	-	-	Gessi	% -	-	-	-	-	-

Tab. 8 - Distribuzione percentuale nelle sei classi di arrotondamento proposte da Powers, 1953 (modificato in SHEPARD, 1963); (A = molto angolosa, C = subangolosa, D = subarrotondata, E = arrotondata, F = molto arrotondata, dei clasti presenti nei campioni studiati, in funzione della loro composizione petrografica).

Riempimento D - Campione D: sia fra i calcari che fra le arenarie dominano gli individui arrotondati (classe E) e molto arrotondati (classe F) ma sono anche ben rappresentate le forme sub-angolose (classe C) e le sub-arrotondate (classe D); le selci, a loro volta, si concentrano nei raggruppamenti C e D probabilmente per la loro maggiore resistenza alle azioni abrasive del mezzo di trasporto.

Questi dati indicano, per tutte le litologie, notevoli effetti di smussamento delle originarie asperità dei loro clasti dovuti a complessi meccanismi di trasporto ad elevata intensità.

Di scarso significato sono poi i valori a basso indice di arrotondamento dei frammenti di

gesso, pressochè tutti angolosi (classe B) o molto angolosi (classe A).

Si tratta di caratteri che, pur essendo relativi ad un litotipo dalle scarse capacità di resistenza alla dissoluzione chimica e alla abrasione meccanica, testimoniano di essere subordinati ad una attività morfogenetica limitata e strettamente connessa ad un trasporto torrentizio in ambiente ipogeo di breve durata.

Riempimento G - Campioni G 1 e G 2: si tratta di due sedimenti fra loro nettamente diversi.

Mentre quello inferiore (Campione G1) mostra nei clasti di tutte le sue litologie valori di arrotondamento che variano tra la classe sub-angolosa (C) e quella arrotondata (E) con dominanza delle forme sub-arrotondate (D); in

quello sovrastante (Campione G2) sono soprattutto la classe B (angolosa) e la C a raggiungere le frequenze più elevate.

Questi dati indicherebbero nei due campioni, per i clasti di analoga litologia, azioni di usura diverse: più prolungate ed intense durante la sedimentazione della parte bassa del riempimento, forse più brevi ma con capacità di logoramento inferiore quando si depositava il ciottolame dei sedimenti stratigraficamente soprastanti.

Riempimento I - Campione I: si tratta di un materiale che presenta evidenti differenze di risposta alle azioni di smussamento subite dai clasti di diversa litologia.

I valori di arrotondamento dei ciottoli calcarei variano tra le classi C ed E, raggiungendo nella prima le maggiori concentrazioni, a questo tipo di roccia appartiene una discreta presenza di forme molto arrotondate (F).

Nello stesso ambito distributivo si collocano le arenarie caratterizzate da dominanti forme subarrotondate (D) e arrotondate (E); le concrezioni, a loro volta, indicano di avere subito azioni di usura scarse e limitate, distribuendosi tra le classi angolosa (B), subangolosa e subarrotondata, mentre la scarsissima componente selciosa è soprattutto presente nei raggruppamenti C e D.

Le variazioni distributive delle diverse percentuali di arrotondamento dei differenti litotipi di questo campione, oltre che da una variabile energia idraulica del mezzo trasportatore, potrebbero essere attribuibili a distanze diverse percorse dai loro ciottoli o a particolari caratteri morfologici e dimensionali dei singoli frammenti al momento del distacco dalla roccia di provenienza.

Riempimento M - Campione M1, M2, M3 e M4: si tratta di quattro materiali, granulometricamente non omogenei, che comprendono litologie rappresentate da clasti dei quali il comportamento distributivo del grado di arrotondamento evidenzia la costanza non solo delle classi di maggiore frequenza ma anche di quelle che appaiono progressivamente subordinate. Per calcari ed arenarie i rispettivi ciottoli presentano prevalenti forme angolose (classe B) a cui si affiancano sia quelle subangolose (classe C) che le molto angolose (classe A); poco numerosi i frammenti aventi abito subarrotondato e assolutamente non significativi quelli con il grado di smussamento maggiore (classi E ed F).

Le concrezioni, a loro volta, si collocano in netta dominanza nella classe A, che così risulta la principale, ed in quella B caratterizzata da

presenze percentuali inferiori però sempre assai significative; praticamente assenti sono gli individui con i massimi indici di arrotondamento (classi E ed F).

Tutti i clasti di questo riempimento, mantenendo caratteri costanti di elevata spigolosità, indicano con chiarezza che alla sedimentazione di tutto il deposito hanno sovrainteso condizioni di trasporto meccanico con scarsa capacità di smussamento, probabilmente legata ad un limitato percorso effettuato e al breve intervallo di tempo in cui esso sarebbe avvenuto.

Riempimento N - Campione N 1 e N 2: si tratta del sedimento, fra quelli studiati, granulometricamente più eterogeneo, del quale solo le parti inferiore e superiore contengono un numero di clasti sufficiente a fornire informazioni morfologiche statistiche.

Mentre nella componente clastica calcarea del Campione N 1 dominano le forme angolose (classe B), in quella arenacea sono prevalenti i clasti molto angolosi (classe A); degli altri ciottoli aventi queste litologie scarse o poco significative sono le percentuali degli altri gradi di arrotondamento. Leggermente diversa è la distribuzione quantitativa dei frammenti di concrezioni che si concentrano soprattutto nel raggruppamento B ma che raggiungono una frequenza significativa anche nelle forme subangolose (classe C); a loro volta gli individui molto angolosi e subarrotondati (classe D) definiscono popolazioni di trascurabile significato morfologico.

Nel Campione N 5, sia per i calcari che per le arenarie, si hanno le maggiori percentuali di clasti nelle classi B (angolosa) e C (subangolosa), mentre le concrezioni sono soprattutto concentrate nella classe A (molto angolosa) e nella B; in tutte e tre queste ultime litologie sono praticamente assenti le forme con il grado di arrotondamento maggiore.

Anche per questo riempimento è possibile affermare che i suoi clasti, caratterizzati in genere da forme a media o alta spigolosità, non hanno subito azioni di trasporto di intensità tale che, o per durata o per distanza percorsa, fossero in grado di smussare in modo significativo le originarie asperità morfologiche riuscendo, al massimo, ad attenuarle e a creare così forme tendenzialmente subarrotondate.

Conclusioni

Tenendo conto delle possibili interrelazioni tra i caratteri compositivi, tessiturali, strutturali e morfologici di ogni singolo frammen-

to al momento del suo distacco dalla roccia di provenienza, e quelli da esso acquisiti durante i vari processi fisico-meccanici che lo hanno trasportato e depositato in un determinato sedimento, e attraverso l'esame dei dati petrografici, morfometrici e morfoscopici rilevati su tutta la popolazione ghiaioso-ciottolosa presente nei campioni prelevati da alcuni riempimenti clastici della Tana della Mussina di Borzano, appaiono evidenti alcune differenze specifiche che permettono di discriminare chiaramente fra loro i depositi studiati.

E' soprattutto il Campione D quello caratterizzato dalle differenze più evidenti che fanno ipotizzare, in base a ben definiti parametri di riferimento, una sua provenienza da coperture alluvionali esterne notevolmente eterometriche.

Questo sedimento rappresenterebbe il risultato di una evoluzione delle morfologie dei singoli clasti e della selezione meccanica da parte di correnti marine litorali di materiali ciottolosi anche provenienti da zone lontane, come testimonierebbe la presenza, fra le litologie riconosciute, di una discreta percentuale di selci policrome che vari Autori (VEGGIANI 1965, PAREA 1972) ipotizzano trasportate nel Golfo Padano dall'area marchigiana. Inoltre l'assoluta mancanza, fra i clasti di questo campione di frammenti di concrezioni calcaree, provenienti da depositi chimici ipogei e sempre numerose negli altri riempimenti fisici di questa cavità, suggerisce trattarsi di uno dei sedimenti più antichi, formatosi durante fasi di paleoevoluzione carsica del sistema sotterraneo e precedentemente agli eventi climatici che sarebbero stati dapprima responsabili della deposizione di considerevoli spessori di concrezioni calcaree e che poi avrebbero favorito un loro smantellamento fisico e ad una rielaborazione meccanica dei frammenti detritici prodottisi attraverso un loro trasporto meccanico da parte delle acque del torrente ipogeo, allora caratterizzate da una elevata anche se variabile nel tempo portata idrica.

I clasti del Campione D sarebbero dunque la testimonianza evidente di una loro parziale provenienza da coperture alluvionali marine, depositate da correnti litorali che movimentavano ciottolame spostandolo dalle coste adriatiche verso l'interno dell'antico Golfo Padano. Questo apporto solido grossolano si depositava unitamente al materiale detritico trasportato al mare dagli antichi fiumi che allora erodevano le rocce appenniniche.

Diverse sono le indicazioni fornite dai parametri dimensionali dei ciottoli che costituisco-

no i campioni provenienti dai riempimenti G, M ed N. Si tratta di dati morfoscopici e morfometrici che non solo evidenziano le variazioni tessiturali nei sedimenti della stessa stazione di prelievo, caratterizzandola ed eventualmente differenziandola dalle altre, ma anche permettono di ipotizzare che, pur presentando una costante uniformità litologica qualitativa, ognuno di questi riempimenti può essere considerato il risultato di meccanismi di sedimentazione torrentizia ipogea contraddistinti da energia idraulica notevolmente diversificata e variabile nel tempo.

Sufficientemente concordanti fra loro sono poi le indicazioni, che si ottengono dai vari parametri morfometrici e morfoscopici relativi al ciottolame presente in questi tre riempimenti, in base alle quali la maggior parte di tali clasti presenterebbe caratteri ricollegabili ad azioni meccaniche di tipo fluviale o torrentizio, mentre percentualmente in subordine sarebbero le forme dovute alla attività meccanica selettiva di correnti marine di spiaggia.

Questi materiali pertanto, provenienti da coperture alluvionali esterne di certo diverse da quelle che hanno alimentato il Campione D, sarebbero espressione di apporti clastici soprattutto legati o ad un trasporto solido esclusivamente fluviale oppure ad una simultanea deposizione ma con componente torrentizia prevalente, di clasti torrentizi e di ciottolame di selezione ed elaborazione marina.

Caratteri morfologici intermedi tra quelli del deposito D e dei riempimenti G, M ed N, si rilevano nel Campione I. Si tratta di ciottolame ad elevata componente calcarea associato ad una limitata quantità di concrezioni e a pochi individui di selce, litologia quest'ultima esclusivamente significativa nel Campione D e pressoché assente negli altri.

Anche per i clasti di questo riempimento i valori morfometrici e morfoscopici sembrano rimarcare un dominante apporto detritico torrentizio dalla catena appenninica padana e ad un contributo, inferiore ma significativo, da altre rocce, fra cui selci policrome, appartenenti a formazioni tipiche di aree non emiliano-romagnole, qua trasportate da correnti di spiaggia analoghe a quelle che già avevano rifornito le coperture alluvionali, a loro volta alimentatrici dei materiali clastici presenti nel Campione D.

Si tratterebbe in particolare di ciottoli di selce provenienti dalla Scaglia della Serie Marchigiana e meccanicamente trasportati all'interno dell'antico Golfo Padano da correnti litorali che

diventavano le principali responsabili dei loro caratteri morfometrici e della loro distribuzione spaziale.

Va inoltre notato che, in base ai parametri dimensionali del ciottolame di molti dei sedimenti studiati, appare evidente che il torrente ipogeo, dal quale esso veniva movimentato e depositato, era talora caratterizzato da una elevata energia idraulica capace di un'abbondante trasporto di materiale detritico estremamente eterometrico.

I suoi notevoli volumi d'acqua, oltre ad una azione morfogenetica di abrasione e di dissoluzione delle pareti di gesso della cavità, erano in grado, in funzione della loro energia idraulica e delle dimensioni del detrito trasportato, di depositare potenti riempimenti clastici spesso costituiti dalla sovrapposizione di livelli caratterizzati da notevoli variazioni granulometriche verticali.

Tali differenze dimensionali potevano essere causate o da situazioni di diversa capacità di trasporto del torrente sotterraneo, legate a variazioni della sua portata idrica, oppure a particolari condizioni ambientali di ostacolo al regolare deflusso delle sue acque (quali: crolli di massi, frane di materiali in prevalenza argilloso, restringimenti morfologici ecc.), le quali avrebbero modificato localmente i meccanismi di sedimentazione del ciottolame grossolano con altri favorevoli ad una deposizione di materiale più fine.

I meccanismi di rallentamento o di ostacolo ai normali processi di sedimentazione potrebbero essere fatti risalire non soltanto a cause interne alla cavità ma anche a situazioni particolari a carattere regionale, quali periodici innalzamenti del livello del mare, causati o da prolungate fasi climatiche eccezionalmente piovose o da movimenti di subsidenza tettonica delle aree emerse. Durante questi fenomeni la fascia di battigia marina avrebbe superato le quote di risorgenza di molti dei sistemi carsici presenti nella formazione evaporitica messiniana, ostacolando o anche impedendo il regolare deflusso delle acque sotterranee e modificando così tutti i meccanismi di deposizione clastica interna in atto.

Effetti analoghi avrebbero potuto essere causati anche da parziali limitazioni al regolare deflusso delle acque sotterranee causati da frane esterne.

Tuttavia la presenza frequente, in numerose grotte dei gessi emiliano-romagnoli, di riempimenti fisici potenti talora molti metri, quindi di un fenomeno comune ad un areale molto

vasto, rende più plausibile, come motore dei loro meccanismi genetici, l'ipotesi di una causa a carattere regionale quale appunto avrebbe potuto essere un generale innalzamento del livello del mare o di abbassamento delle rocce emerse.

Nonostante la frequenza in molte cavità di riempimenti, analoghi a quelli analizzati nel presente studio, non esistono dati probanti sull'età in cui essi si sono formati.

Pertanto nella Tana della Mussina di Borzano le supposizioni riguardanti questo problema, assumono validità esclusivamente per lo specifico riempimento a cui si fa riferimento, e non solo generalizzabili agli altri, data l'impossibilità di correlarli stratigraficamente e temporalmente fra loro.

Di certo il più antico (Campione D) è quello avente andamento stratigrafico e caratteri litologici maggiormente discordanti da quelli dei depositi fisici i cui assetti deposizionali sono concordanti con la direzione del piano di scorrimento dell'attuale torrente sotterraneo. L'unico dato certo riguardante questo problema è rappresentato dalla datazione del Campione G3, proveniente da una concrezione calcarea depositatasi al tetto del riempimento G (Foto 3), che lo fa risalire a circa 18.000 anni fa (CHIESI & FORTI, 2000).

Questo deposito chimico si sarebbe formato durante un periodo climaticamente favorevole all'insediamento e allo sviluppo all'esterno di vaste coperture boschive, che rifornivano di CO₂, le acque sotterranee responsabili dei concrezionamenti. A questo avrebbe seguito una fase di forti apporti piovosi, a loro volta agenti genetici del riempimento clastico ricoperto dal crostone calcareo stesso.

Questi meccanismi climatici, durante tutto il fenomeno della formazione ed evoluzione carsica delle grotte emiliane, avrebbe avuto una ripetitività ciclica che poteva, localmente, esprimersi con effetti morfogenetici e di sedimentazione clastica anche molto diversi.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano i Sigg. Enrico Levrini e Carlo Malavasi del G.S.P.G.C. di Reggio Emilia per l'aiuto fornito durante il lavoro di campionatura dei riempimenti fisici della grotta.

Il presente studio è stato in parte finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica ed ha fruito di un parziale contributo economico della Società Speleologica Italiana (SSI).

Bibliografia

- AA.VV., 1997 - Carta geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000. Sezione 218040, Tabiano, Regione Emilia-Romagna.
- BARBIERI M., ROSSI A., 2001 - Petrografia della zona carsica di Borzano e delle aree limitrofe (Com. di Albinea - Prov. di Reggio Emilia). Mem. Ist. It. Spel., XI, s. II, 35-43
- BERTOLANI-MARCHETTI D., 1984 - Analyse pollinique des intercalations marneuses du Messinien de la "Formazione Gessoso-Solfifera" (Bologna, Italie du Nord). Coll. Medit. Neogene Contin. Paléoenvironm. and Paléoclimatol. Evol., R.C.M.N.S., Montpellier 18/22 avr. 1983, Paléobiologie continentale, XIV, 2, 143-151.
- CAILLEUX A., 1945 - Distinction des galets marines et fluviatiles. Bull. Soc. Geol. France, ser. V, vol. 15, 375-404.
- FORTI P., CHIESI M., 2001: Idrogeologia, idrodinamica e meteorologia ipogea dei gessi di Albinea, con particolare riguardo al sistema carsico afferente alla Tana della Mussina di Borzano (ER/RE 2)(Albinea, Reggio Emilia). Mem. Ist. It. Spel., Vol XI, s. II, 113-137
- CITA B.M., 1973 - Mediterranean evaporites: paleontological arguments for a deep-basins dissection model. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 206-228.
- FOLK R.L., 1968 - Petrology of sedimentary rocks. Hemphill's, Austin, Texas.
- HSU K., 1973 - The dissected deep-basin model for the Messinian events. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 60-67.
- IACCARINO S. & PAPANI G., 1980 - Il Messiniano dell'Appennino settentrionale dalla Val d'Arda alla Val Secchia: stratigrafia e rapporti con il Substrato e il Pliocene. 35, Progr. IGCP n.96 "Messinian correlation", vol. ded. a S. Venzo, 15-46.
- KRUMBEIN W.C. & SLOSS L.L., 1941 - Measurement and geology significance of shape and roundness of sedimentary particles. J. Sediment. Petrol., 11, 64-72.
- KRUMBEIN W.C. & SLOSS L.L., 1963 - Stratigraphy and sedimentation. Freeman & Co., S.Francisco, 660 pp.
- PANIERI G., 2001 - I foraminiferi della Tana della Mussina. Mem. Ist. It. Spel., XI, s.II, 145-156.
- 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, 113-130.
- POWERS M.C., 1953 - A new roundness scale for sedimentary particles. Jour. Sed. Petr., vol.23, 117-119.
- RICCI LUCCHI F., 1973 - Resedimented evaporites: indicators of slope in stability and deep-basin conditions in Periadriatic Messinian (Apennines Foredeep, Italy). In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 142-149.
- RICCI LUCCHI F., 1980 - Sedimentologia: parte I. Ed. Clueb, Bologna, 226 pp.
- ROSSI A. & MAZZARELLA B.S.L., 1998 - La Grotta Calindri: dati e considerazioni sui suoi riempimenti fisici. Sottoterra, 107, 33-51.
- SHEPARD F.P., 1963 - Submarine geology. Harper & Row, Evanston, 292 pp..
- RYAN W. B. F., 1973 - Geodinamic implication of the Messinian crisis of salinity. In: C. W. Drooger (editor) - Messinian events in the Mediterranean. North Holland, Amsterdam, 26-38.
- VAI G.B. & RICCI LUCCHI F., 1977 - Algal crust, autochthonous and clastic gypsum in a cannibalistic evaporite basin: a case history from the Messinian of Northern Apennines. Sedimentology, 24, 211-244.
- VEGGIANI A., 1965 - Trasporto di materiale ghiaioso per correnti di riva dall'area marchigiana all'area emiliana durante il Quaternario. Boll. Soc. Geol. It., 84(1-2), 315-328.
- WADELL H., 1992 - Volume, shape, and roundness of rock particles. Jour. Geol., 40, 443-451.
- WENTWORTH C.K., 1922 - A scale of grade and classterms for clastic sediments. Jour. Geol., 30, 377-392.
- ZINGG TH., 1935 - Beitrag zur Shotteranalyse. Schweiz. Min. v. Pet. Mitt., Bd. 15, pp.39-140.

IDROGEOLOGIA, IDRODINAMICA E METEOROLOGIA IPOGEA DEI GESSI DI ALBINEA, CON PARTICOLARE RIGUARDO AL SISTEMA CARSIKO AFFERENTE ALLA TANA DELLA MUSSINA DI BORZANO (ER-RE 2) (Albinea - Reggio Emilia)*

Paolo Forti¹, Mauro Chiesi²

Riassunto

L'area carsica dei gessi di Albinea (Reggio Emilia) consiste in una successione stratigrafica di gesso macrocristallino del Messiniano. La roccia possiede elevata permeabilità per carsismo sviluppatosi lungo un complesso sistema di fratture a direzione appenninica e anti-appenninica, che hanno controllato lo sviluppo di semplici sistemi carsici secondo la massima estensione delle lenti gessose: a causa della particolare giacitura sono pressoché assenti le grotte di "attraversamento".

In superficie, nonostante l'abbondante copertura argillosa, l'esistenza di doline e inghiottitoi minimizza il ruscellamento superficiale, che viene totalmente drenato da corsi d'acqua sotterranei solo in parte esplorabili. Le risorgenze dei sistemi carsici sono a soglia di permeabilità sovrimposta, dovuta a formazioni argillose impermeabili in contatto tettonico coi gessi.

Le prove di tracciamento hanno mostrato che i tempi di transito negli acquiferi sono brevi (indice di sistemi a condotte evolute e di discrete dimensioni); inoltre il fatto che le risorgenze siano solo temporanee suggerisce uno scarso potere di immagazzinamento all'interno di questi acquiferi.

Microtracciamenti hanno dimostrato che la ricarica degli acquiferi carsici avviene anche per condensazione all'interno delle grotte, anche se il contributo di questo meccanismo è risultato essere inferiore rispetto a quello che avviene in altri sistemi carsici dell'Emilia-Romagna.

Il chimismo delle acque è solfato-calcico e, almeno per il sistema della Tana della Mussina di Borzano, il contenuto salino è strettamente connesso al regime idrico: in piena la mineralizzazione diminuisce del 37% rispetto ai periodi di morbida o magra.

Infine, sempre per la Tana della Mussina di Borzano, è stata evidenziata una concentrazione dei nitrati anormalmente elevata rispetto agli altri acquiferi dei

gessi di Albinea: tale fenomeno è probabilmente giustificato da eccessi di concimazione dei terreni nei pressi dei maggiori inghiottitoi di questo sistema carsico.

Parole chiave: Idrogeologia, Idrochimica, Carsismo nei Gessi, Tracciamenti, Reggio Emilia

Abstract

Hydrogeology, hydrodynamics and cave meteorology in the Albinea gypsum karst, with peculiar interest to the Tana della Mussina di Borzano karst system (ER-RE 2) (Albinea - Reggio Emilia)

The Albinea gypsum karst (Reggio Emilia, Italy) consists of a thick stratigraphic sequence of Messinian macrocrystalline gypsum. This rock is highly permeable due to karst drains, developed along a complex system of discontinuities, the direction of which is Apennine or anti-Apennine. The discontinuities allowed for the development of simple karst systems along the maximum extension of the gypsum lenses. In the area no hydrogeological tunnels developed due to the dip of the gypsum strata.

Despite of the thick impervious clayey cover, the presence of dolines and sinkholes reduces the rill to a minimum, all the surface stream being conveyed to subterranean streams, which can be only partially directly explored. All the springs of the karst aquifers are controlled by the permeability sill caused by the tectonic contact between clay and gypsum.

Dye tracing experiment, carried out in the karst aquifers, put in evidence short transit time (well developed drainage tubes); moreover, the total absence of a base flow for long periods is an evidence of the very scarce storage capacity of all these systems. The recharge of the karst aquifers comes also from condensation inside karst cavities, as evidenced by micro-dye tracings: anyway, the contribute of conden-

* Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, pubblicazione n. 2084

1 Istituto Italiano di Speleologia, via Zamboni 67 - 40127 Bologna; G.N.D.C.I. U.O. 4.9

2 Società Speleologica Italiana - G.S.P.C.G., via Luca da Reggio 1 - 42010 Borzano di Albinea (RE)

sation seems to be lower than in other karst system of the Emilia Romagna region.

Karst waters are calcium-sulphate rich and, at least for the Tana della Mussina di Borzano cave the amount of dissolved salts is strictly related to the flow regimen: in fact during floods the ionic content is lowered up to 37% with respect to that of the low flow periods.

Finally the nitrate content of the water of the Tana della Mussina di Borzano cave is anomalously higher than the other aquifer of the area: this phenomenon may be caused by an immoderate use of fertilisers close to the major sinkholes of this karst system.

Keywords: Hydrogeology, Hydrochemistry, Gypsun Karst, Dye tracings, Reggio Emilia

Introduzione

Oggetto del presente studio sono i fenomeni carsici compresi nell'area di maggiore affioramento di gesso messiniano della provincia di Reggio Emilia, definita come "area dei gessi di Albinea" ed estesa, da est verso ovest, tra il Torrente Lodola (area di Borzano) e il Rio Gropo (area di Montericco) (Fig. 1).

Quest'area ha una estensione di circa 1.500 x 500 m ed è orientata, secondo l'asse maggiore, in senso appenninico. I vertici estremi di affioramento sono rispettivamente posti alle quote di 195 m s.l.m. (T. Lodola) e 418 m s.l.m. (Monte Gesso).

Lo studio, partendo dall'analisi dei principali caratteri ambientali della più nota cavità del reggiano, la Tana della Mussina di Borzano, propone un quadro complessivo delle caratteristiche idrogeologiche e idrochimiche dell'intera area, analizzando la dinamica di altre due risorgenti e confrontando i risultati delle analisi compiute.

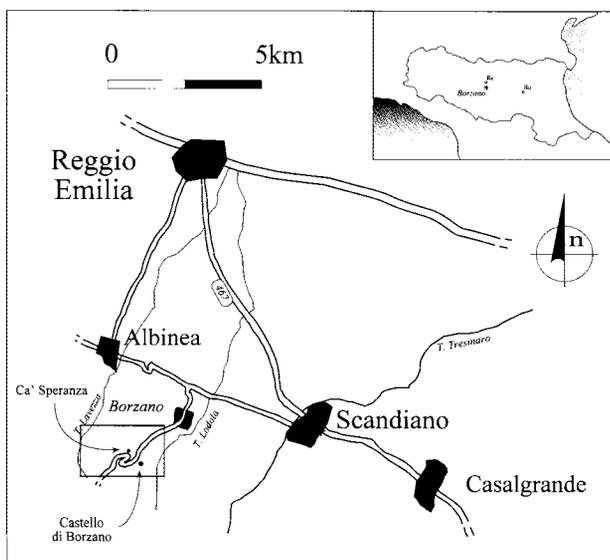


Fig. 1 - Localizzazione dell'area di studio

Cenni Litostratigrafici

Le rocce in affioramento nel bacino in esame sono costituite da gessi della Formazione gessoso-solfifera del Messiniano superiore, sempre e ovunque in contatto tettonico con formazioni più antiche o più recenti.

Tale contatto tettonico ha determinato, al margine Nord, il sovrascorrimento dei gessi messiniani sulle più recenti argille del Pliocene e, a Sud, la sovrapposizione delle formazioni cretache costituite da Argille Varicolori, Flysch di Monte Cassio e Argille a Palombini sulla roccia gessosa.

Fa eccezione a questa regola una modestissima porzione affiorante nel Torrente Lodola dove i gessi messiniani sono stratigraficamente sovrapposti alle più recenti argille Tortoniane (BARBIERI & ROSSI, 2001 b).

Le formazioni cretache, per la loro composizione litologica spiccatamente argillosa, sono sovente interessate da fenomeni franosi di scivolamento e colata, che spesso obliterano la sottostante morfologia carsica influenzandone anche i livelli di risorgenza.

Il gesso si presenta in potenti bancate, prevalentemente macrocristalline con rare e sottili intercalazioni di materiale pelitico, talvolta bituminoso. Numerosi sono gli individui cristallini uniti secondo il pinacoide (101) a formare la geminazione denominata "a ferro di lancia" (BARBIERI & ROSSI, 1988).

Al contrario del bolognese e del faentino, non si è trovata alcuna traccia di anidrite.

Rarissima è infine la gessoarenite, ritrovata in un campione in posto raccolto all'interno della Tana della Mussina di Borzano, la cui formazione può essere collegata ad un periodo inframessiniano di temporanea emersione delle bancate già formatesi con conseguente loro smantellamento parziale e susseguente deposizione clastica assieme a materiali detritici provenienti da formazioni più antiche (BARBIERI & ROSSI, 2001 a).

Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico la successione presente nell'area in esame può essere schematicamente suddivisa in due sole unità idrogeologiche: i gessi messiniani, che nel loro complesso sono altamente permeabili per carsificazione e le unità di letto e di tetto che sono da considerarsi del tutto impermeabili.

L'area dei gessi è caratterizzata dalla totale as-

senza di ruscellamento superficiale, mentre nelle porzioni ove affiorano le formazioni di letto e di tetto si possono avere temporanei flussi canalizzati a seguito degli eventi piovosi più forti.

A corona dell'area dei gessi esistono una serie di risorgenze (v. Fig. 2), che facevano presupporre l'esistenza di bacini idrogeologici separati tra loro.

Per definire con esattezza la geometria di questi bacini ci si è basati sia sui dati geologico-strutturali disponibili, sia sui risultati di prove di tracciamento diretto delle acque dei sistemi carsici effettuate sia in studi precedenti sia specificatamente durante questo studio.

Tracciamenti

La spiccata siccità che ha caratterizzato il periodo di studio (1998-99) ha permesso solo recentemente di effettuare tracciamenti completi nei sistemi idrologici carsici presenti nell'area e, più in generale, di ridefinire compiutamente l'idrologia sotterranea di tutti gli affioramenti compresi tra il Rio Groppo e il Torrente Lodola.

In passato, prove di colorazione mediante immissione di fluorosceina sodica erano state eseguite nell'area di studio nel 1953 (MALAVOLTI *et alii*, 1956) e nel 1983-86 (CHIESI *et alii*, 1987). Entrambi questi Autori effettuarono prove di connessione tra vari inghiottitoi e risorgenze e tra il Torrente interno all'inghiottitoio di Cà Speranza e la Tana della Mussina di Borzano.

La positività o meno delle loro prove permisero di accertare la presenza di uno spartiacque sotterraneo originante due differenti sistemi di drenaggio afferenti, rispettivamente, verso Ovest nel bacino del Rio Groppo e verso Est nel bacino del Torrente Lodola, senza tuttavia riuscire a determinarne con esattezza la posizione rispetto al Monte Gesso.

Le prove di colorazione del 1953 sembravano escludere che la vasta valle cieca di Monte Lunetta costituisse un piccolo sistema sospeso tra quelli afferenti alla Tana della Mussina di Montericco (estremo O) e della Tana della Mussina di Borzano (estremo E). Ciò fu probabilmente dovuto al fatto che non vennero allora tenute sotto controllo tutte le risorgenze presenti.

Solo recentemente, il 7.11.99, in occasione di abbondanti e continue piogge, è stato possibile immettere fluorosceina sodica nell'inghiottitoio della valle cieca di Monte Lunetta allo scopo di verificare a quale risorgente fosse realmente afferente: dopo pochi minuti dalla

immissione, il colorante ancora concentrato è emerso dalla risorgente denominata Risorgente del Rio Groppo (ER-RE 667) posta ad una quota di 300 m s.l.m. (v. Foto 1).

Il controllo, mediante analisi di fluocaptori a carbone attivo, alla risorgente della Tana della Mussina di Montericco (tornata attiva dopo diversi anni) ed alla Risorgente della Tana della Mussina di Borzano ha dato, in entrambi i casi, esito negativo.

Una seconda colorazione, effettuata l'8.12.99, ha immesso fluorosceina nel torrentello inghiottito dalla Grotta dei Massi Caduti (apertesi nell'omonima dolina): anche in questo caso è risultata positiva all'analisi dei fluocaptori esclusivamente la Risorgente del Rio Groppo e negativi i fluocaptori posti nelle altre due citate risorgenze (v. Foto 2).

Il colorante riversatosi nel Rio Groppo ha permesso di verificare in attività tutti gli inghiottitoi e le risorgenze che si susseguono lungo il suo corso sino alla risorgente Tana del Tasso (ER-RE 342) ove convergono, con tutta probabilità, anche le acque raccolte dalle doline e dalle cavità del versante opposto (Grotta nuova di Cà Scaparra, ER-RE 486 – Inghiottoio di Cà Scaparra, ER-RE 343).

Una terza e ultima colorazione, in concomitanza con il repentino scioglimento della neve del 26.12.99, ha immesso tracciante nel rivoltello inghiottito dalla dolina a N di Monte Gesso: i fluocaptori ritirati dopo 24 ore dall'immissione hanno dato ancora una volta esito positivo esclusivamente per la Risorgente del Rio Groppo e esito sempre negativo nelle altre risorgenze (anche quelli ritirati a distanza di 8 giorni dall'immissione del colorante).

Bacini di alimentazione

Sulla base dei risultati delle colorazioni effettuate, è stato possibile dimostrare che i sistemi carsici sviluppatisi nei gessi affioranti tra il Rio Groppo e il Torrente Lodola non fanno parte di un solo sistema idrogeologico, ma sono suddivisi in 3 differenti sistemi con bacini di alimentazione separati.

Tali bacini fanno rispettivamente capo a 3 sorgenti che si aprono a quote diverse tra loro in funzione di differenti limiti di permeabilità imposti, rispettivamente:

- 1) per la risorgente della Tana della Mussina di Montericco: dal contatto con le formazioni impermeabili che sono a corona dell'area gessosa;

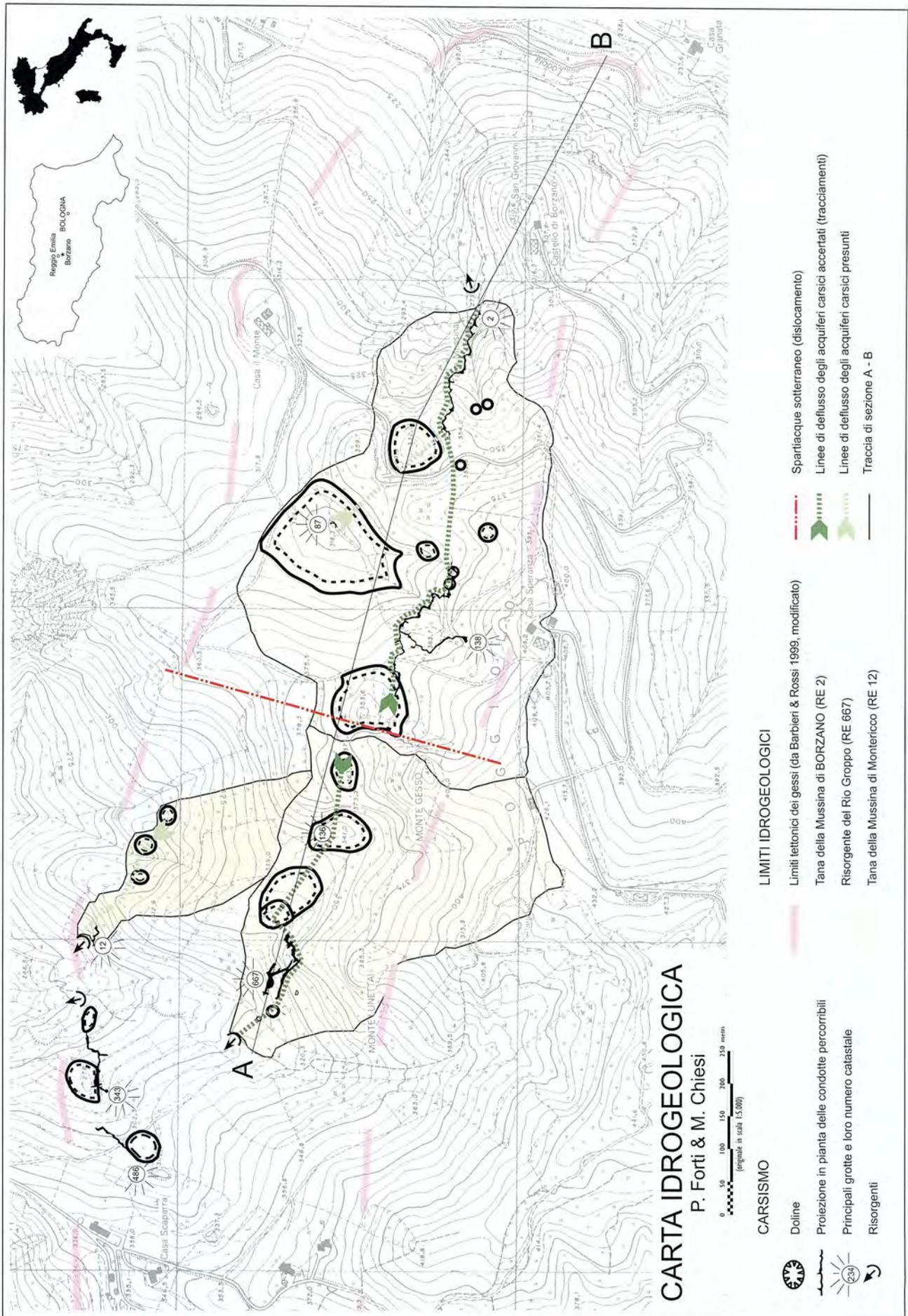


Fig. 2 – Carta idrogeologica dell’area carsica dei Gessi di Albinea.

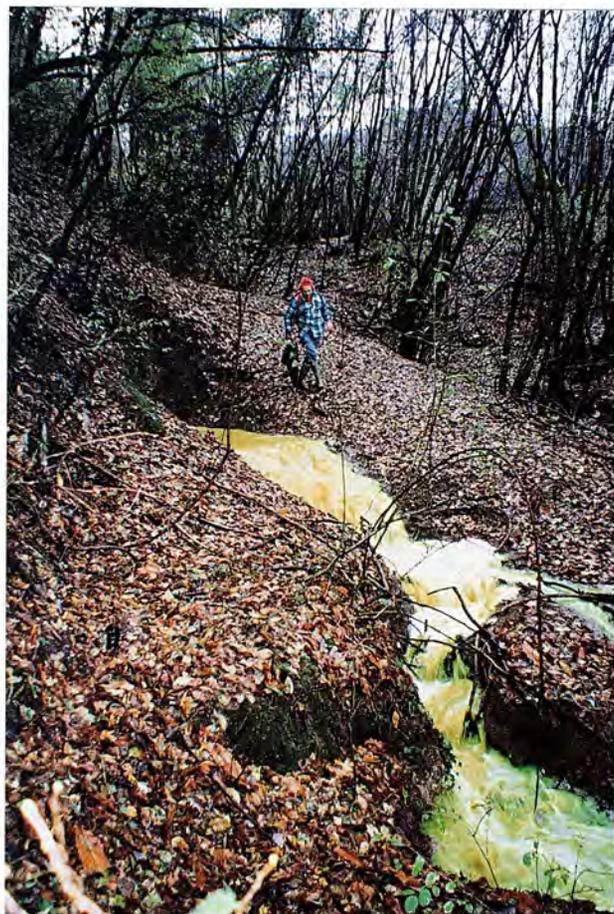


Foto 1 - effetti della colorazione del 7.11.99 sulla Risorgente del Rio Groppo in piena (Foto M. Chiesi)

2) per le risorgenti del Rio Groppo e della Tana della Mussina di Borzano: da sistemi di fratture e/o coperture impermeabili (paleofrane) che hanno determinato interruzioni delle vie preferenziali di drenaggio carsico, indipendentemente dal raggiungimento o meno del livello di base rappresentato dal Torrente Lodola e dal Rio Groppo.

Solamente il piccolo bacino afferente alla Tana della Mussina di Montericco è compreso completamente all'interno dell'affioramento carsificabile; gli altri due si estendono leggermente a monte comprendendo terreni impermeabili (v. Fig.2).

Fatta eccezione per queste ultime modeste porzioni più elevate, la particolare situazione morfologica impedisce alle acque meteoriche che cadono esternamente ai gessi e a quelle di ruscellamento superficiale sulle altre formazioni impermeabili (sia di letto che di tetto), di contribuire sensibilmente alla alimentazione degli acquiferi carsici.

È altamente improbabile, comunque, che acque provenienti da tali formazioni siano mai transitate attraverso le cavità carsiche: infatti l'analisi micropaleontologica effettuata (PANIE-



Foto 2 - immissione di fluorosceina nella Dolina dei Massi Caduti l'8.12.99 (Foto M. Chiesi)

RI, 2001) ha evidenziato come all'interno dei sedimenti attuali o relitti della Tana della Mussina di Borzano siano presenti solamente faune provenienti dagli interstrati marnosi-argillosi dei gessi e non vi sia traccia di fauna proveniente da ambienti sedimentari correlabili alle formazioni di letto e di tetto.

L'alimentazione diretta da parte delle acque meteoriche di infiltrazione è di gran lunga il meccanismo di ricarica più importante per tutti e tre i bacini dell'area.

Va comunque accennato che esiste anche un'altra fonte di alimentazione, rappresentata dalla condensazione che, nel caso della Tana della Mussina di Borzano, è stata anche dimostrata sperimentalmente attraverso prove di microtracciamento (v. paragrafo relativo). Per il sistema di Borzano l'apporto dovuto alla condensazione, comunque, non è molto importante dato che le condizioni necessarie per la sua attivazione non persistono tutto l'anno ma si attivano solo per periodi brevi.

Pur mancando dati sperimentali relativamente agli altri due bacini si può ragionevolmente supporre che l'effetto di ricarica dovuto alla condensazione al loro interno sia simile, data

l'assoluta somiglianza di clima esistente nelle varie aree degli afforamenti gessosi.

I limiti dei diversi bacini idrogeologici all'interno dei gessi sono stati definiti, in massima parte, attraverso tracciamenti mirati (v. paragrafo precedente): l'insieme delle prove di tracciamento ha confermato come l'assetto tettonico dei gessi sia l'elemento che maggiormente condiziona e controlla il flusso delle acque sotterranee e quindi la geometria dei singoli bacini.

In particolare le faglie ad andamento NW-SE controllano il drenaggio, che avviene essenzialmente lungo queste direttrici, come evidenziato anche dallo sviluppo delle principali cavità dell'area che sono allineate in questa direzione.

Le faglie SW-NE svolgono invece una duplice funzione: in parte si comportano da limiti idrogeologici separando, ad esempio, il sistema che fa capo alla risorgente della Tana della Mussina di Borzano dal sistema che fa capo alla risorgente del Rio Groppo, in parte però esse funzionano anche da direttrici di drenaggio, come si ricava dalle direzioni di sviluppo di alcuni rami delle grotte principali (BARBIERI & ROSSI, 2001).

Dimensionalmente i tre bacini sono differenti tra loro: si va da un'estensione di circa 4.06 Ha per quello della Tana della Mussina di Montericco a 13.93 Ha per quello della Risorgente del Rio Groppo e infine 22.5 Ha per quello, il più esteso, della Tana della Mussina di Borzano.

Tale rapporto dimensionale è verificato anche dalle portate alle risorgenti che, quando attive, mostrano una portata conseguente (v. Tab. 1).

risorgente	Area Ha	portata in l/sec.	Portata/ Area
Tana della Mussina di Montericco	4.06	0,6-0,8	0.17
Risorgente del Rio Groppo	13.93	4-5	0.32
Tana della Mussina di Borzano	22.5	8-9	0.37

Tab. 1 - portate rilevate alle risorgenti il 27.12.99

In realtà, mentre i valori del rapporto portata/area per i due bacini della risorgente del Rio Groppo e della Mussina di Borzano sono effettivamente molto simili, quello della risorgente della Tana della Mussina di Montericco risulta essere circa la metà evidenziando quindi la possibilità che parte delle acque di questo

acquifero vengano disperse direttamente in subalveo: tale supposizione è avvalorata anche dal fatto che per lunghi periodi (anni) la sorgente rimane del tutto asciutta, come accennato precedentemente.

Sicuramente, poi, anche le altre due sorgenti hanno perdite di questo tipo, anche se molto più limitate: infatti anche loro sono del tutto asciutte nei periodi di magra e, nel caso della risorgente del sistema della Tana della Mussina di Borzano, è evidente un affioramento perenne di acque, a circa 4 metri di quota al di sotto della risorgente medesima, lungo un piano di discontinuità nelle argille cretache.

Interessante è notare come i rispettivi livelli di risorgenza differiscano tra loro per quota di soli 40 m (Mussina di Montericco 260 m s.l.m., Mussina di Borzano 270 m s.l.m., Risorgente Rio Groppo 300 m s.l.m.).

Questi limiti di permeabilità condizionano i punti di affioramento delle acque carsiche e conseguentemente l'evoluzione dei sistemi carsici ipogei.

A questo proposito si può osservare che nelle due risorgenti più elevate (Rio Groppo e Mussina di Borzano) deve essere occorso un rapido abbassamento del livello di scaturigine in tempi non troppo lontani, come dimostrato dal fatto che, ancora oggi, nei periodi di piena, all'interno delle grotte scorre un torrente che, comunque, scompare nei periodi di morbida o di magra delle sorgenti. Questo fatto ci indica come ancora i dreni inferiori di questi sistemi carsici (attualmente non transitabili dall'uomo) non si sono messi in equilibrio con la massima portata possibile: poichè i dati ricavabili da altri sistemi carsici gessosi (FORTI, 1992) indicano in poche decine di anni il tempo necessario a raggiungere questo equilibrio.

Anche il livello di risorgenza della Tana della Mussina di Montericco, affiorante a contatto con le argille di letto, parrebbe corrispondere a questo schema evolutivo, seppure con minore evidenza. L'insieme delle conoscenze attuali sulla idrogeologia carsica dell'area sono riportate nella carta idrogeologico-carsica allegata (Fig.2) su cui è anche riportata la traccia lungo cui si è realizzato lo schema idrogeologico di Fig.3.

A questo proposito si fa notare che la scelta della linea lungo cui realizzare lo schema è stata decisa per permettere la visualizzazione in sezione di tutti i principali elementi carsici, sia epigei che ipogei dell'area.

Sempre nella sezione, la scala delle altezze è stata triplicata rispetto a quella delle distanze.

A conclusione di tutti gli studi effettuati è stato quindi possibile definire compiutamente lo schema idrologico-carsico dell'area come segue:

1. il sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano (270 m s.l.m.) prende origine dalla valle cieca di Monte Gesso (con inghiottitoio inaccessibile) alla quota di 353 m s.l.m. (dista dalla risorgente in linea d'aria 650 m ca., con un dislivello di 83 m). Ciò è dimostrato dalle colorazioni effettuate all'interno del "Ramo del Capitain" (CHIESI *et alii*, 1987) e dalla posizione dello stesso rispetto alla valle cieca stessa;

2. la Risorgente del Rio Groppo (300 m s.l.m.) è alimentata sia dalla valle cieca di Monte Lunetta, sia dalla dolina (grotta) dei Massi Caduti, sia dalla dolina a N di Monte Gesso, costituendo così un notevole sistema sotterraneo ancora per lo più inesplorato; il percorso sotterraneo, in linea d'aria, assomma a 450 m ca., con un dislivello di 60 m ca.;

3. i due sistemi carsici prima descritti sono separati dalla presenza di una struttura di disturbo tettonico, probabilmente di faglia, con direzione 30/40° N lungo il fianco N-E del Monte Gesso (BARBIERI & ROSSI, 2001);

4. la risorgente della Tana della Mussina di Montericco (260 m s.l.m.) è idrologicamente separata dai sistemi carsici della Tana della Mussina di Borzano e della Risorgente del Rio Groppo;

5. le quote relative alle due grotte di risorgenza più basse degli affioramenti compresi tra il Rio Groppo e il Torrente Lodola sono pressoché equivalenti: a ovest la Tana della Mussina di Montericco (260 m) a est la Tana della Mussina di Borzano (270 m).

Caratteristiche chimico-fisiche degli acquiferi carsici

Assai intensa è stata la siccità che ha caratterizzato il periodo di studio, conseguentemente

prolungata è stata l'assenza d'acqua nei sistemi. Solamente nell'autunno-inverno 1999/2000 abbondanti precipitazioni hanno determinato la completa ricarica degli acquiferi e, conseguentemente, la ripresa dell'attività di risorgenti temporanee. Le analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati hanno dato i seguenti risultati (v. Tab 2).

Le acque della Tana della Mussina di Borzano, il cui campionamento è stato possibile in due distinte occasioni di piena, indicano una buona costanza nel loro chimismo in differenti periodi dell'anno. E' da notare che quando l'idrodinamica è più rapida (seconda misura) si ha un notevole calo nel contenuto in gesso (si dimezzano il calcio e un poco meno i solfati) cosa del tutto logica dato che il tempo di contatto delle acque con la roccia incassante si riduce drasticamente (v. Fig. 4).

Nel caso di piene primaverili invece, con ogni probabilità, parte delle acque che fuoriescono sono "vecchie", cioè residenti da tempo nel reticolo delle microfrazioni, e quindi con maggiore contenuto salino: per questo motivo la piena del 3 maggio 1999 ha presentato acque con alto tenore di gesso.

È interessante notare come il magnesio sia l'unico elemento in controtendenza risultando più concentrato a dicembre rispetto a maggio: tale comportamento è logico perché i sali di magnesio sono molto più solubili di quelli di calcio e pertanto durante il periodo estivo l'evaporazione in grotta ne permette la deposizione.

Tali sali vengono poi rapidissimamente dilavati non appena arriva una piena e quindi nelle acque di quest'ultima risultano più concentrati.

Confrontando poi i dati della Tana di Borzano con quella di Montericco vediamo che il contenuto ionico delle due acque è pressoché identico salvo che per i nitrati.

Questo, nonostante i due sistemi abbiano un bacino di ricarica assai diverso per estensione (i punti di ricarica più lontani dalla risorgente

	data	pH	Eh	Cond. (25°C)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Campione			mV	microS/cm	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l
Risorgente Tana Mussina Borzano	03.05.99	7,73	60	2460	30,60	1,34	0,640	0,090	0,35	40,630	6,0	0,54
Risorgente Tana Mussina Borzano	05.12.99	7,66	158	2340	14,15	2,30	0,525	0,100	0,40	28,125	4,4	0,53
Risorgente Tana Mussina Montericco	05.12.99	7,29	240	2500	15,50	2,00	0,755	0,083	0,40	32,290	5,0	0,20
Risorgente del Rio Groppo	05.01.00	7,60	140	1260	7,10	4,50	2,510	0,160	0,40	8,330	6,6	0,02
Torrente Lodola, a monte dei gessi	05.12.99	7,20	170	627	2,50	2,70	1,203	0,097	0,40	2,290	5,4	0,07
Torrente Inghiottitoio Massi Caduti	05.12.99	7,36	174	755	4,00	2,20	0,568	0,076	0,40	2,920	6,4	0,09

Tab. 2 – risultati analisi di laboratorio eseguite

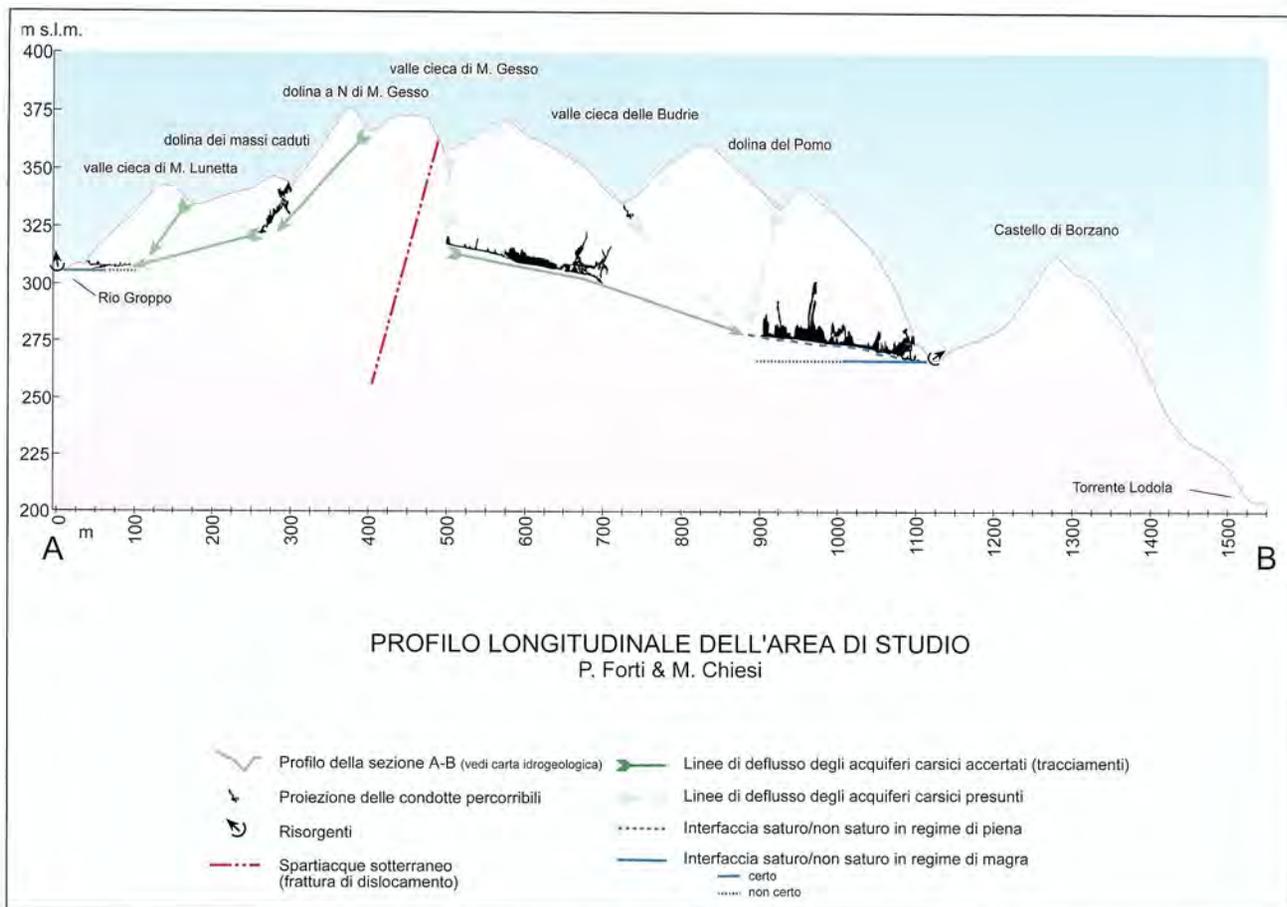


Fig. 3 - Schema idrogeologico dell'area carsica dei Gessi di Albinea lungo una sezione scelta in modo da contenere i maggiori fenomeni carsici.

nel caso di Montericco sono solo a 230 metri, mentre per quella di Borzano sono a oltre 650 metri).

Analizzando in dettaglio i dati si osserva che l'acqua che scaturisce a Montericco è in realtà un poco più mineralizzata (2500 microS) di quella della Mussina di Borzano (2340 microS), differenza imputabile quasi interamente al maggior contenuto in gesso (7.7 millimoli a Montericco e 7.1 a Borzano).

Questo fatto può essere spiegato supponendo che i dren (gallerie) all'interno dei gessi del bacino di Montericco siano un poco meno sviluppati rispetto a quelli esistenti nel bacino di Borzano, consentendo così alle acque un contatto maggiore con la roccia gessosa a dispetto del minor percorso effettivo che esse devono effettuare.

Tale spiegazione trova ragione anche nell'osservazione, decennale, della dinamica di questa sorgente che assai raramente si trova attiva e, una volta attivata, ha un tempo di esaurimento maggiore rispetto a quello caratteristico della Tana della Mussina di Borzano.

La risorgente del Rio Groppo, pur se campionata con un mese di ritardo rispetto alle pre-

cedenti (causa del momentaneo "inquinamento" da fluorosceina sodica utilizzata per i traccamenti), evidenzia un contenuto ionico differente: la mineralizzazione è molto inferiore, i solfati sono 1/3, mentre il magnesio e il sodio sono oltre il doppio.

Questo indica chiaramente che il bacino di ricarica di questa sorgente non è analogo agli altri due ma contiene altri litotipi tali da ridurre il contenuto in solfati e aumentare quello di magnesio e sodio (marne e argille marnose).

Le acque del Torrente Lodola e del Torrente inghiottito dalla dolina della Grotta dei Massi Caduti presentano un chimismo caratterizzato da una medio-bassa mineralizzazione che ben si concilia con acque che abbiano solo sfiorato affioramenti evaporitici.

Un discorso abbastanza interessante va fatto per i nitrati; i fiumi esterni e la Risorgente del Rio Groppo ne hanno concentrazioni bassissime: sono ottime acque evidentemente non interessate da alcun tipo di antropizzazione (fogne, fertilizzanti azotati ecc.).

Discorso in parte diverso per la Tana della Mussina di Montericco che già evidenzia un tenore in nitrati un poco più elevato: probabil-

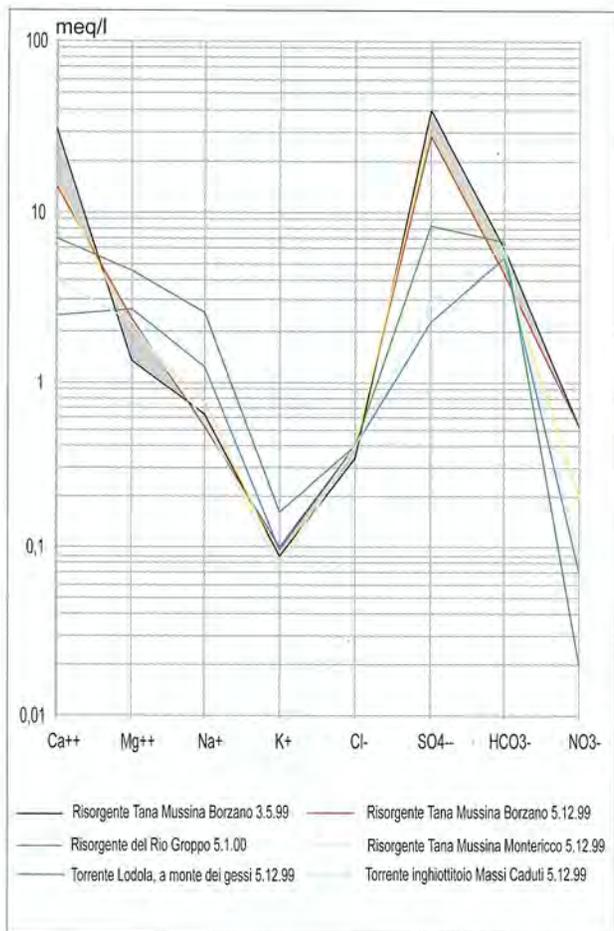


Fig. 4 - Diagramma di Shoeller per le acque dell'area dei Gessi di Albinea.

mente in questo caso vi è una qualche sorgente di inquinamento da ricercarsi, con tutta probabilità, nella densa copertura arborea che caratterizza il suo bacino di alimentazione mentre sembrerebbero da escludere cause antropiche da eccesso di fertilizzanti.

Per quel che concerne la Tana della Mussina di Borzano il contenuto in nitrati è decisamente alto (secondo la normativa europea: limite imperativo 50 mg/l, limite consigliato 25 mg/l).

È interessante notare anche la relativa costanza nel valore dei nitrati: questo dipende dal fatto che questi ioni una volta raggiunte le acque di fondo non sono assolutamente eliminabili.

La costanza del valore anche in periodo di piena indica come i nitrati derivino da dilavamento rapido dei terreni nell'ambito del bacino di ricarica: si ha motivo quindi di ritenere che la sorgente di tali ioni sia da ricercarsi essenzialmente in un eccesso di concimazione delle porzioni a coltivo del suo bacino di alimentazione (le due grandi valli cieche a est di Monte Gesso e la Dolina delle Budrie), anche se dai dati in nostro possesso non possono escludersi altri fenomeni

di inquinamento antropico da parte del sistema fognario del complesso rurale denominato Ca' Speranza.

Concludendo si può affermare, in linea generale, che le acque dell'area studiata sono decisamente buone dal punto di vista naturalistico (dal punto di vista della potabilità, ovviamente, quelle dei sistemi carsici posseggono troppi solfati).

Le analisi tuttavia evidenziano per le acque della Tana di Borzano un preoccupante eccesso di nitrati che consiglierebbe un approfondimento di indagine ed uno stretto controllo delle probabili fonti di inquinamento: l'agricoltura e, in subordine, la depurazione degli scarichi degli insediamenti nell'ambito del bacino di ricarica.

Evoluzione dei parametri chimico-fisici nel sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano

Descrizione delle grotte coinvolte

La Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2) è la grotta più famosa del territorio reggiano. La relativa vicinanza alla città, i ritrovamenti archeologici (CHIERICI, 1872) conservati ed esposti ai Civici Musei di Reggio Emilia, la suggestiva cornice naturale al suo vistoso ingresso, ne fanno consueta meta di gite domenicali.

È la risorgenza di un sistema carsico che drena buona parte delle acque raccolte dalla serie di doline e valli cieche, spesso dotate di inghiottitoi percorribili, che caratterizzano gli affioramenti di gesso macrocristallino compresi (da ovest a est) tra il Monte Gesso e il Torrente Lodola.

Prende origine da una estesa valle cieca, con inghiottitoio interrato, a nord-est di Monte Gesso, e riceve affluenti dalle seguenti cavità e punti di assorbimento preferenziale:

- Grotticella della Carogna (ER-RE 86), cavità complessa, di crollo, aprentesi al piede della parete fagliata del M. Gesso, recentemente ostruita per riempimento artificiale;
- Inghiottoio di Cà Speranza (ER-RE 138), cavità a inghiottitoio, non più attivo nella sua parte iniziale, che immette, attraverso cunicoli e meandri in forte pendenza, in un collettore attivo che alimenta la risorgente della Tana della Mussina di Borzano;
- Inghiottoio della Valle Chiusa delle Budrie (ER-RE 87), cavità aprentesi nell'omonima dolina;
- Grotta dell'Asparago (ER-RE 637), cavità di crollo, verticale, occlusa da crolli;

- Buco del Ginepro (ER-RE 290), inghiottitoio attivo;
- Grotticella sopra la Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 85), cavità di crollo.

Recapito di queste cavità, di alcune altre minori e di numerose doline di dissoluzione o sprofondamento, è la Tana della Mussina di Borzano (ER-RE 2), grotta risorgente, che si caratterizza come ingresso meteobasso di un sistema complesso di cavità.

Strumenti utilizzati nelle misure sperimentali

Per la definizione dei parametri ambientali di temperatura e umidità dell'aria, temperatura e conducibilità dell'acqua del sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano sono stati posti in opera, all'interno della grotta, in prossimità del punto n. 20 del rilievo topografico (v. Fig. 5):

- A) centralina ad acquisizione automatica per temperatura e umidità dell'aria;
- B) centralina ad acquisizione automatica per temperatura e conducibilità dell'acqua;
- C) 3 stazioni di misura MEM (Micro Erosion Meter) a chiodi inox tarati.

All'esterno della cavità sono stati posizionati rispettivamente:

- A) stazione di misura MEM (su masso erratico posto a quota 210 m s.l.m.)
- B) stazione termo-igro-pluviometrica di ri-

ferimento (in vigneto posto a 210 m s.l.m., ai piedi del versante N della rupe del Castello di Borzano).

Gli strumenti ad acquisizione automatica posizionati in grotta sono stati programmati per letture ogni 4 ore; la verifica di funzionamento è stata pressoché mensile. Gli strumenti della stazione termo-igro-pluviometrica, di proprietà di ditta privata, avevano invece un funzionamento programmato per letture ogni ora.

Gli strumenti di grotta sono stati installati il 01.05.98, per essere rimossi definitivamente il 30.06.99.

La prolungata assenza di attività idrica nel torrente interno, alcune interruzioni di acquisizione dovute a malfunzionamento degli strumenti (che hanno dovuto essere rimossi per le riparazioni del caso) e, alla ripresa dell'attività idrica, anche la sfortunata rimozione del sensore a causa di una violenta piena, hanno determinato alcune lacune nell'acquisizione.

Ciononostante, la scelta di estendere le misurazioni oltre i consueti 12 mesi e l'interpolazione dei dati di temperatura misurati con i due differenti strumenti (in periodo di siccità lo strumento "acqua" misurava in realtà la temperatura dell'aria di grotta), consentono una buona definizione delle variazioni naturali dei principali parametri ambientali di grotta, individuando inoltre alcune peculiari caratteristiche dell'acquifero.

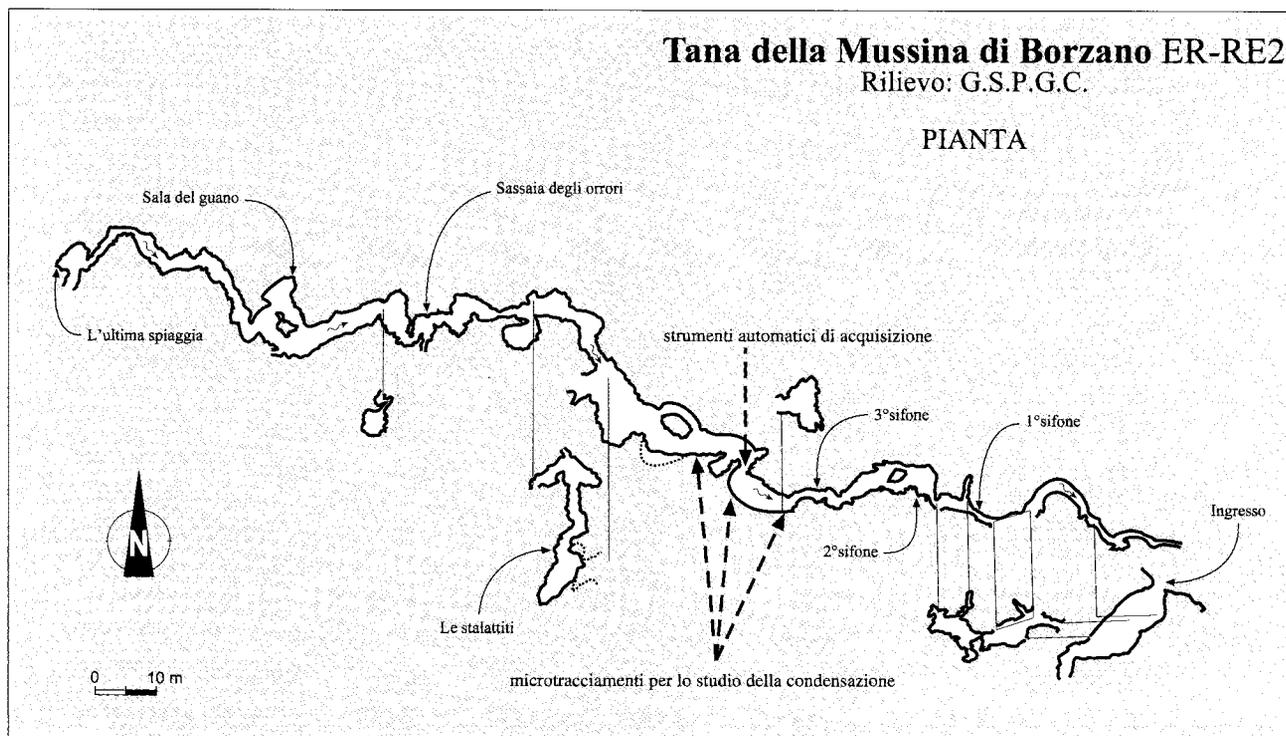


Fig. 5 - Tana della Mussina di Borzano: localizzazione del punto in cui sono stati posizionati gli strumenti automatici di acquisizione dati e in cui sono stati effettuati i microtracciamenti per lo studio della condensazione.

Evoluzione nel tempo della Temperatura e Umidità relativa

L'interpolazione dei dati di temperatura dell'aria di grotta con quella misurata all'esterno (v. Fig. 6), ha permesso di determinare la Temperatura media relativa al periodo di studio che, per la grotta è risultata di 8,6 °C e di 15,6 °C per l'esterno.

La mitezza del clima rilevato durante il periodo di studio, ben 2,8 °C più caldo di quello rilevato nello stesso periodo alla stazione di Castellarano (160 m s.l.m.) e di 2,03 °C superiore alla media rilevata nello stesso luogo per il periodo 1993/99 (13,13 °C) è da attribuire sia alla particolare posizione della centralina di Borzano (posta in una conca riparata e assolata), sia alle particolari condizioni climatiche registrate durante lo studio (CHIESI, 2001).

Dal punto di vista della temperatura l'ambiente di misura all'interno della grotta è risultato essere chiaramente posizionato nella zona termovariabile: infatti l'escursione termica annuale è stata di oltre 6°C (da 4.7 a 11 °C). Tale ampia variazione è dovuta al fatto che in brevi periodi dell'anno (in inverno) l'area è caratterizzata dalla presenza di forti correnti d'aria fredda aspirate dall'esterno, mentre per tutto il resto dell'anno gli scambi termici con l'esterno sono garantiti dall'acqua di infiltrazione che, in condizioni di piena fluisce direttamente sul pavimento della grotta e in condizioni di magra si trova poche decine di centimetri al di sotto dello stesso.

La centralina posta nella grotta ha evidenziato il momento di inversione stagionale del senso di flusso dell'aria nella cavità (ingresso meteobasso): al primo deciso raffreddamento esterno, infatti, avvenuto alla metà del novembre 1998, la grotta ha cominciato ad aspirare aria esterna, molto fredda e secca.

Sino a quel momento, l'andamento della temperatura dell'aria di grotta aveva continuato costantemente ad aumentare seppure di poco passando dai valore di 9.8 °C dell'inizio di Maggio 1998 al valore di 11 °C appunto dell'inizio di novembre 1998: evidenziando così un notevole ritardo (di oltre 2 mesi) nel recepire le variazioni climatiche esterne.

Il minimo della temperatura dell'aria di grotta veniva raggiunto il 16.02.99, al momento in cui praticamente iniziava ad interrompersi la costante aspirazione di aria fredda dall'ingresso basso, aspirazione che, comunque, era del tutto cessata all'inizio di marzo quando le

temperature esterne diurne e notturne rimanevano sempre al di sopra di quelle interne.

Purtroppo una interruzione nel funzionamento della centralina esterna, che ha cessato di registrare i dati il 12.01.99 e ha ripreso a funzionare solo il 15.03.99, non permette di correlare con precisione la sfasatura tra minimo esterno e minimo interno, che comunque dall'andamento delle curve disponibili può essere valutato in 20-25 giorni.

Pertanto, almeno per l'anno in cui sono state effettuate le misure, il periodo di inversione della circolazione dell'aria in grotta è risultato essere ristretto a soli 3 mesi e mezzo.

Tale periodo di inversione, con forte corrente d'aria all'interno della grotta, è resa ben visibile dall'andamento dell'umidità.

Tale parametro, infatti per quasi tutto il periodo di misurazione è rimasto fisso al 100%: indicando così che la condizione "normale" della grotta in quel punto è di saturazione totale anche in assenza di un flusso idrico attivo.

Solamente nel breve periodo di fortissimo abbassamento termico esterno, con conseguente bassissima umidità relativa nell'aria inghiottita dalla cavità, compreso tra il 27.01.99 e il 16.02.99, l'umidità relativa in grotta è scesa a valori inferiori alla saturazione (v. Fig. 7), rimanendo comunque sempre al di sopra del 90% mentre nel contempo gli strumenti registravano un deciso abbassamento della temperatura dell'aria di grotta scesa sino a 4,7 °C (v. Fig. 8).

I dati di temperatura ed umidità registrati tra il 27.1.99 e il 17.2.99, anche in assenza di misure sulla velocità del flusso dell'aria, permettono di caratterizzare in qualche modo le relazioni esistenti tra umidità relativa, flusso dell'aria e temperatura.

I dati registrati infatti evidenziano che è sufficiente una piccola risalita di temperatura dell'ordine di 0.2 °C per far risalire immediatamente la concentrazione dell'umidità relativa a valori prossimi o uguali al 100%. Inoltre qualora la temperatura si stabilizzi su valori costanti per un lasso di tempo anche non troppo lungo (6-12 ore) l'umidità relativa tende a risalire rapidamente.

Al contrario la diminuzione di temperatura necessaria a far ridiscendere tali valori al di sotto della saturazione è assai più marcata (circa 0.4 °C in poche ore), confermando così la "vocazione" di questa zona della grotta ad essere con valori di saturazione di umidità relativa.

I tempi di risposta dell'umidità relativa alle variazioni di temperatura sono molto rapidi,

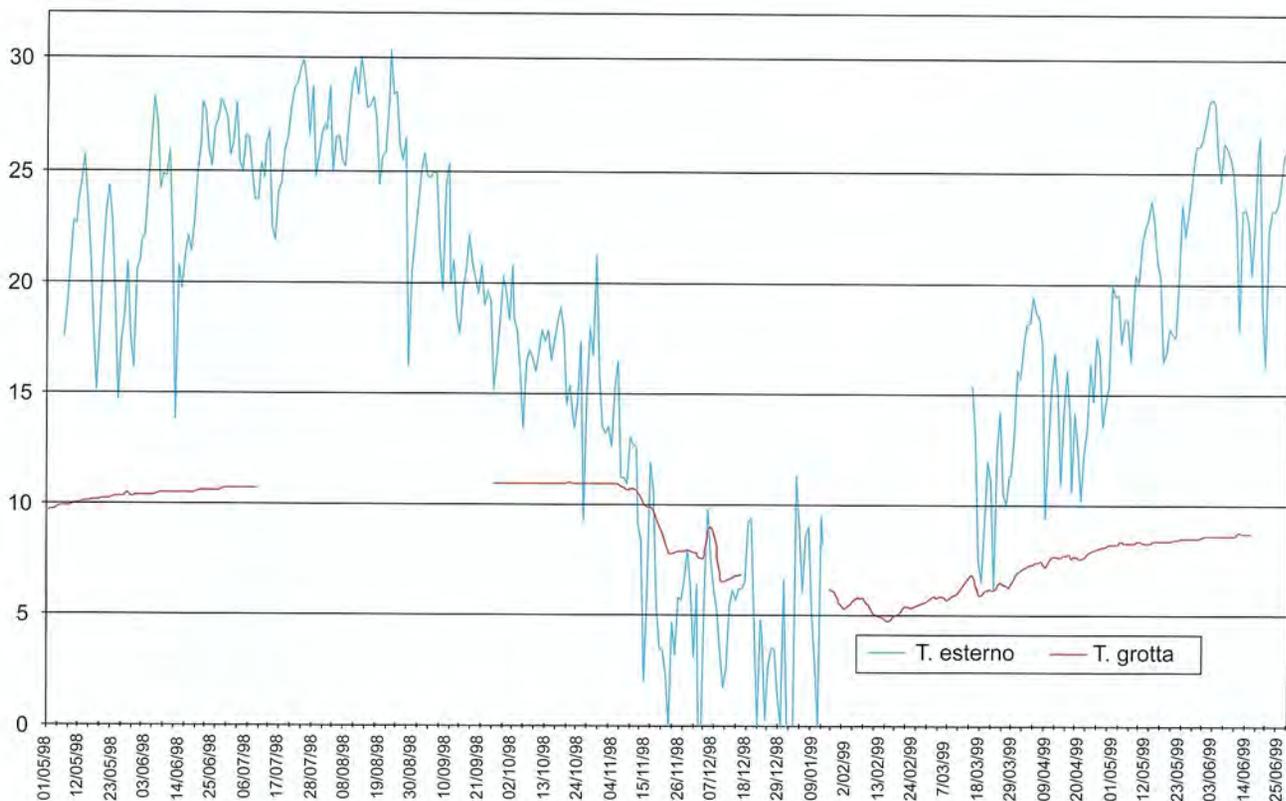


Fig. 6 - Andamento della temperatura dell'aria esterna e di quella di grotta (dati interpolati tra i differenti sensori), nel periodo di studio.

contenuti entro l'intervallo di 4 ore, come si può ricavare dalla seconda parte del diagramma quando, per alcuni giorni, è anche possibile osservare il ciclo giornaliero di variazione della temperatura.

In conclusione si può affermare che, a diffe-

renza di quel che accade per la temperatura, l'ambiente ove sono state effettuate le misure è molto stabile per quel che riguarda l'umidità relativa e solamente eventi estremi possono in parte influenzarne (al ribasso) i valori.

Un altro dato interessante è quello relativo

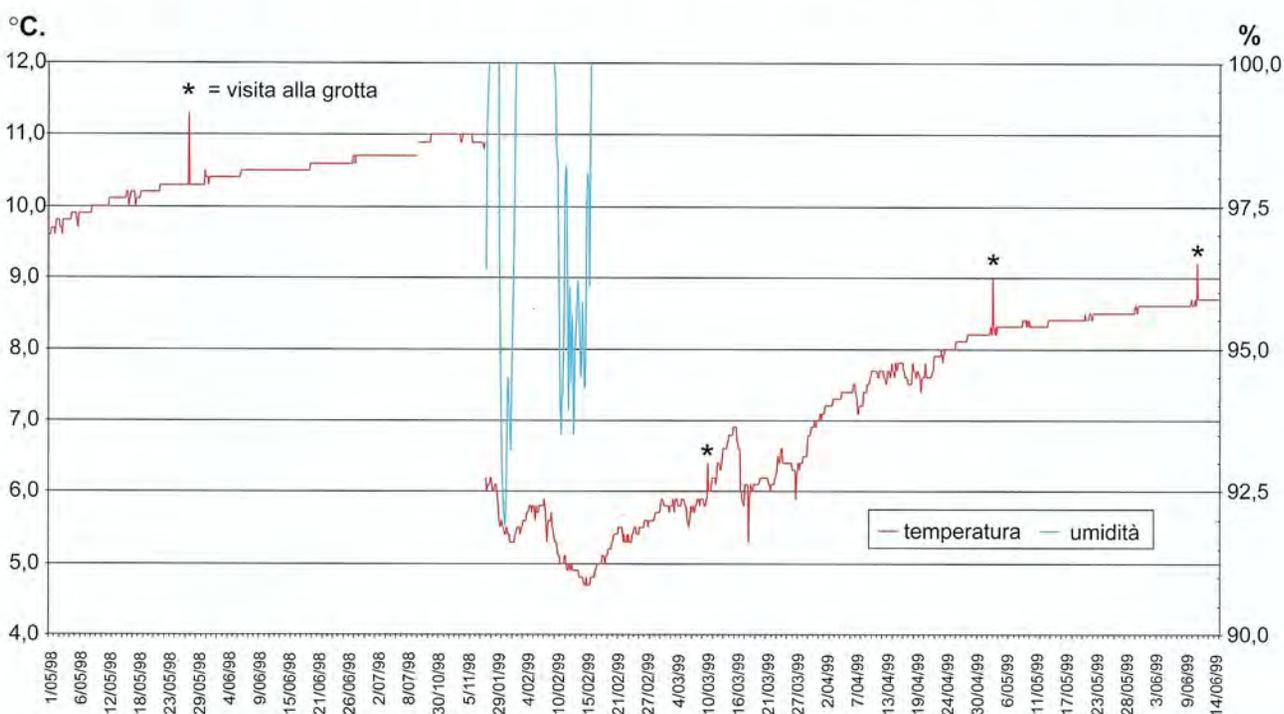


Fig. 7 - Dati di temperatura e umidità dell'aria della grotta rilevati durante il periodo di studio; gli asterischi individuano le variazioni indotte dal passaggio di gruppi di speleologi.

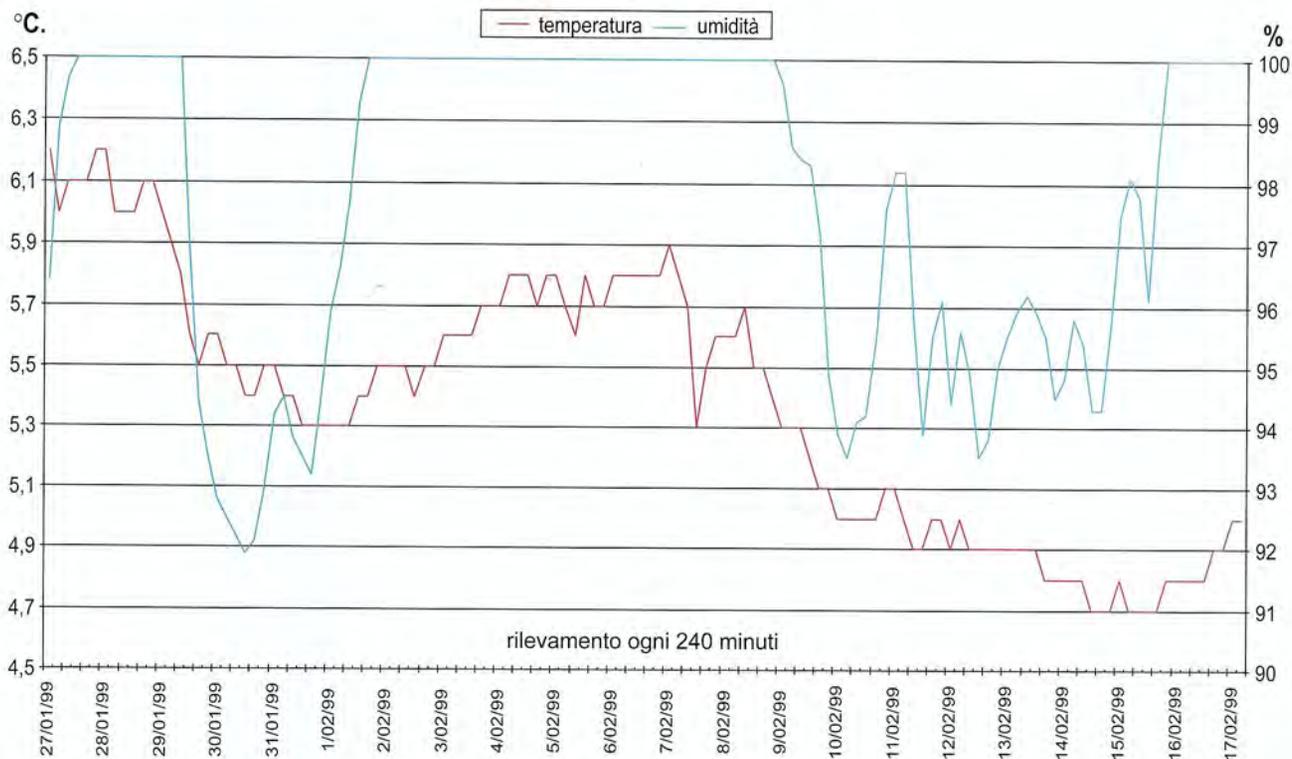


Fig. 8 - Evoluzione della temperatura e dell'umidità nella Tana della Mussina di Borzano nel periodo 27.1.99-17.2.99 con forte flusso d'aria fredda dall'esterno.

all'influenza antropica esercitata sui parametri meteorologici della grotta.

In corrispondenza di visite di gruppi di speleologi dovute al controllo e all'acquisizione dei dati delle centraline (con una permanenza nei pressi degli strumenti di alcune decine di minu-

ti), la temperatura si innalza bruscamente di circa 1 °C., per ridiscendere velocemente ai valori normali entro la misura successiva (4 ore), mentre l'umidità relativa rimane invariata.

L'insieme delle evoluzioni nel tempo misurate per i parametri ambientali della grotta fan-

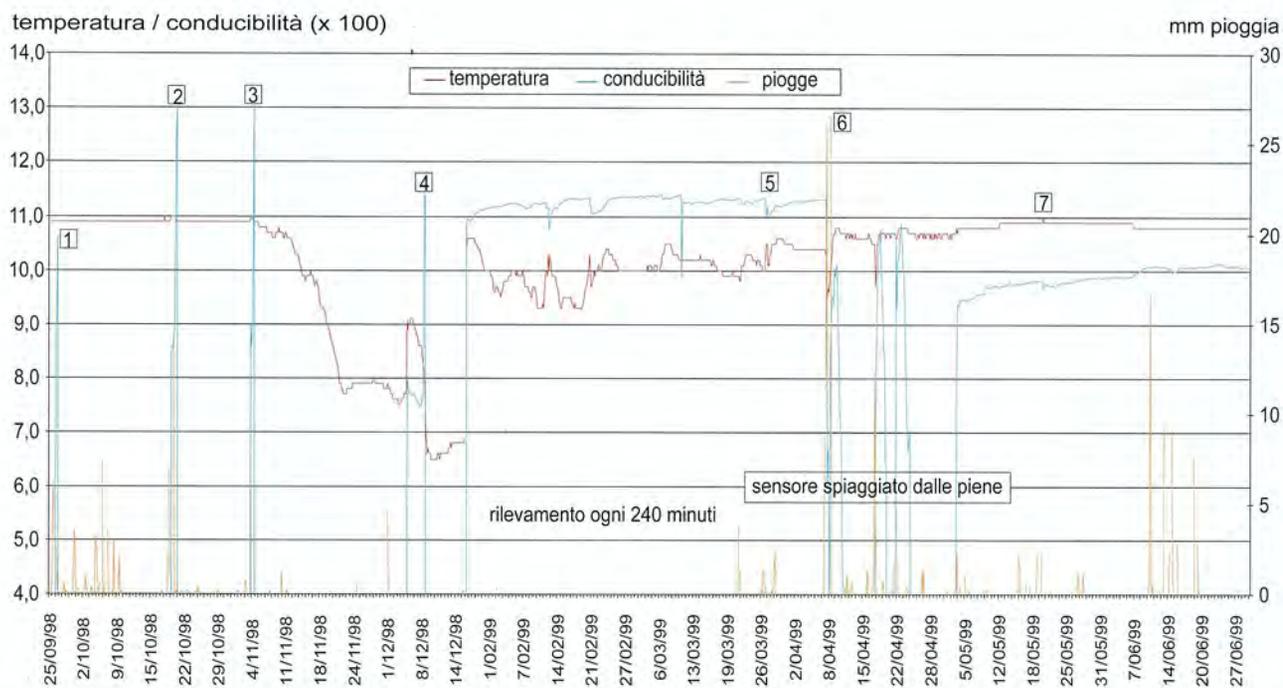


Fig. 9 - Andamento della temperatura e della conducibilità delle acque fluenti all'interno della Tana della Mussina di Borzano e delle precipitazioni registrate nel periodo di studio.

no concludere che la cavità possiede un discreto livello energetico, tipico di grotte a “media energia”, interessate da apporti energetici da parte di piccoli corsi d’acqua e da una certa circolazione d’aria (HEATON, 1988). La Tana della Mussina di Borzano, e’ quindi in grado di assorbire in breve tempo le eventuali variazioni indotte da agenti perturbativi esterni, se questi ultimi non permangono attivi per troppo tempo.

Idrodinamica ed idrochimica nella Tana della Mussina di Borzano

Come accennato nei paragrafi precedenti, il particolare andamento climatico del periodo in cui sono state effettuate le misurazioni ha causato l’assenza totale di flusso d’acqua all’interno della grotta per i primi 4 mesi; inoltre, nel corso dello studio, si sono verificate alcune accidentali interruzioni nell’acquisizione dei dati anche a seguito di eventi di piena estremi che hanno comportato lo spiaggiamento temporaneo dei sensori (v. Fig. 9).

Ciononostante i dati di monitoraggio della temperatura e della conducibilità dell’acqua del torrente carsico all’interno della Tana della Mussina di Borzano, assieme a quelli relativi alle prove di tracciamento e ai dati pluviometrici delle stazioni esterne, consentono di fare alcune considerazioni sulla idrodinamica e idrochimica delle sue acque.

La prima osservazione che si può fare relativamente al fiume che scorre all’interno della grotta è che esso è attivo solo quando si hanno condizioni di piena e, in parte, nei periodi di morbida ancora alta: infatti, per i primi 4 mesi di misure, l’acqua è stata sempre assente tranne che per 4 brevi periodi (per un totale di appena 18 giorni) durante i rapidi eventi di piena dovuti a intense precipitazioni piovose.

Questo indica che il livello piezometrico all’interno del sistema carsico subisce oscillazioni valutabili in 1-1.5 metri a livello della zona di misura e che quindi il drenaggio in morbida e in magra avviene tutto attraverso condotte non transitabili all’uomo, sviluppatasi appunto almeno un metro al di sotto del pavimento della cavità: la dimensione di tali condotte, però, non è ancora in grado di assorbire le portate di piena con conseguente innalzamento della superficie piezometrica e riattivazione del torrente interno alla grotta (v. Fig. 3).

A causa della situazione geologico-strutturale a livello della sorgente, che si trova circa 4-5 metri di quota al di sotto dell’ingresso,

questo comportamento non può essere imputato all’approfondimento dei rami attivi della grotta in tempi relativamente recenti, come invece è accaduto per altri sistemi carsici nei gessi dell’Emilia Romagna (FORTI, 1992).

In questo caso, l’evoluzione idrologica della cavità è stata con ogni probabilità condizionata e controllata dall’evoluzione nel tempo dei sedimenti fisici accumulatisi all’interno della grotta (v. Fig. 10).

Gli studi condotti in questo campo (BARBIERI & ROSSI, 2001 a), infatti, hanno evidenziato come, sicuramente dopo la fine dell’ultima glaciazione, la grotta è stata interessata da imponenti fenomeni di sedimentazione che hanno comportato anche la distruzione di molte concrezioni carbonatiche (una di queste concrezioni è stata datata col metodo U/Th ed è risultata circa 18.000 anni BP).

Sulla base di questi dati si può ritenere che la sedimentazione postglaciale abbia completamente obliterato i dreni nella parte più a valle della grotta, costringendo così l’acqua a risalire e a fuoriuscire dall’ingresso attuale, che ha funzionato quindi per un certo periodo da risorgente (v. Fig. 10, B).

Nel tempo l’erosione delle acque di scorrimento veloce è riuscita in parte a erodere questi sedimenti, in modo da riattivare progressivamente la risorgente naturale della Tana della Mussina di Borzano, sino ad arrivare alla situazione attuale in cui l’ingresso della grotta è oramai completamente fossile, ma le condotte inferiori, evidentemente ancora parzialmente occupate dai sedimenti più grossolani, non sono ancora in grado di smaltire completamente i flussi delle maggiori piene (v. Fig. 10, C).

Nel contempo, poi, si sono andati sviluppando piccoli dreni a livelli ancora inferiori che alimentano una scaturigine perenne posta ad un livello di circa 10 metri più basso dell’ingresso della Tana della Mussina, consistente in un affioramento diffuso lungo un piano di discontinuità nelle argille cretatiche (v. Fig. 10, C).

Un altro dato che si ricava dall’andamento delle piene osservate in tutto il periodo di monitoraggio è l’alta trasmissività dell’acquifero, che si risolve per ogni evento piovoso in rapide risposte di piena seguite da brevi curve di esaurimento.

Questo dato è in accordo con le valutazioni di alte velocità di flusso ricavate dalle prove di tracciamento effettuate.

Passando a considerare l’andamento della temperatura (v. Fig. 9) delle acque all’interno della Tana della Mussina di Borzano, bisogna

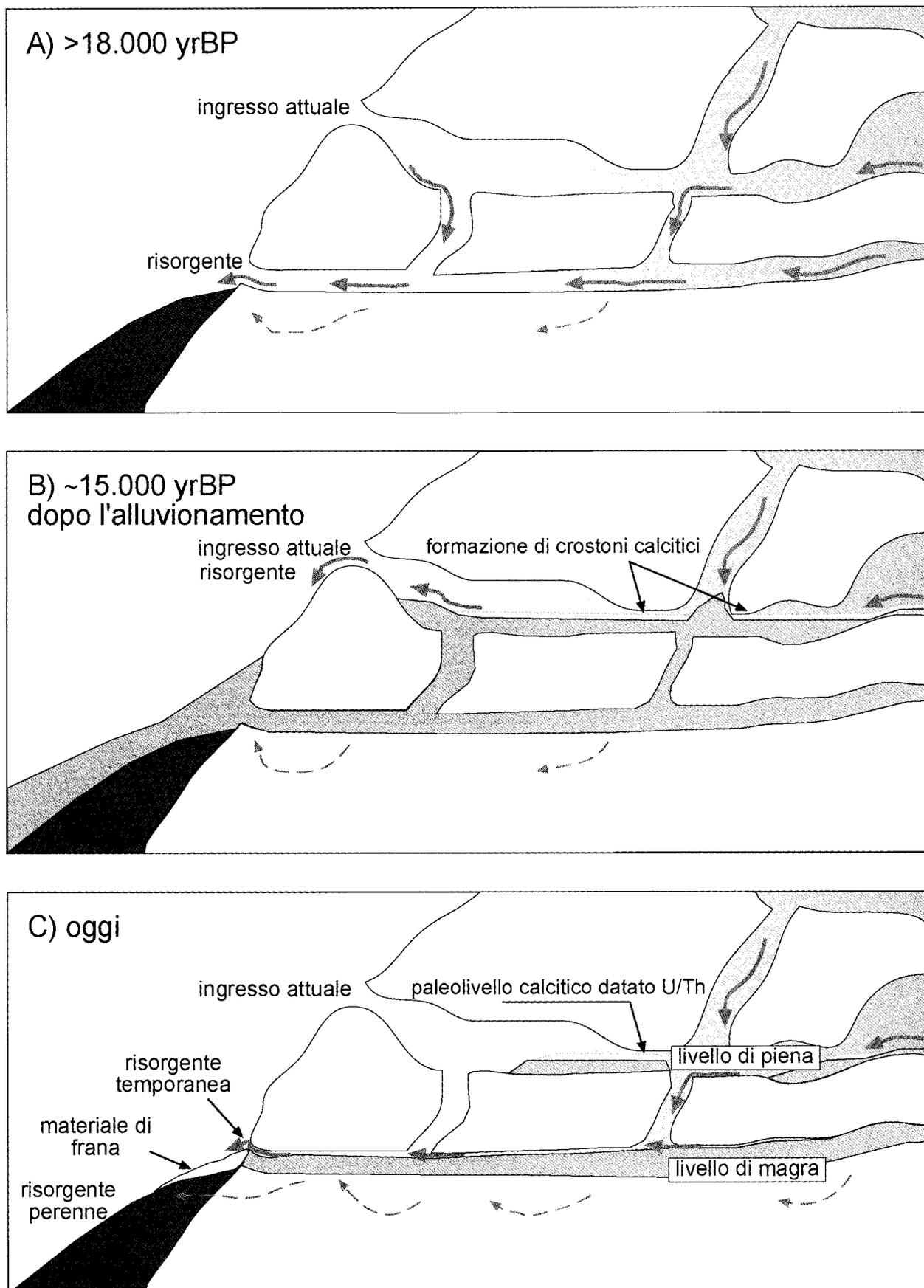


Fig. 10 - Schema evolutivo del drenaggio nel sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano negli ultimi 18.000 anni. A) situazione prima della sedimentazione postglaciale: le acque vengono drenate dalle condotte inferiori e fuoriescono dalla risorgente; B) l'occlusione delle condotte inferiori da parte dei sedimenti postglaciali causano la risalita delle acque nel sistema carsico e la attivazione dell'ingresso della grotta come risorgente; C) l'erosione di parte dei sedimenti permette una riattivazione parziale della risorgente, nel contempo inizia l'evoluzione di dreni a livello ancora più basso che portano all'affioramento perenne di acqua lungo un piano di discontinuità nelle argille cretache.

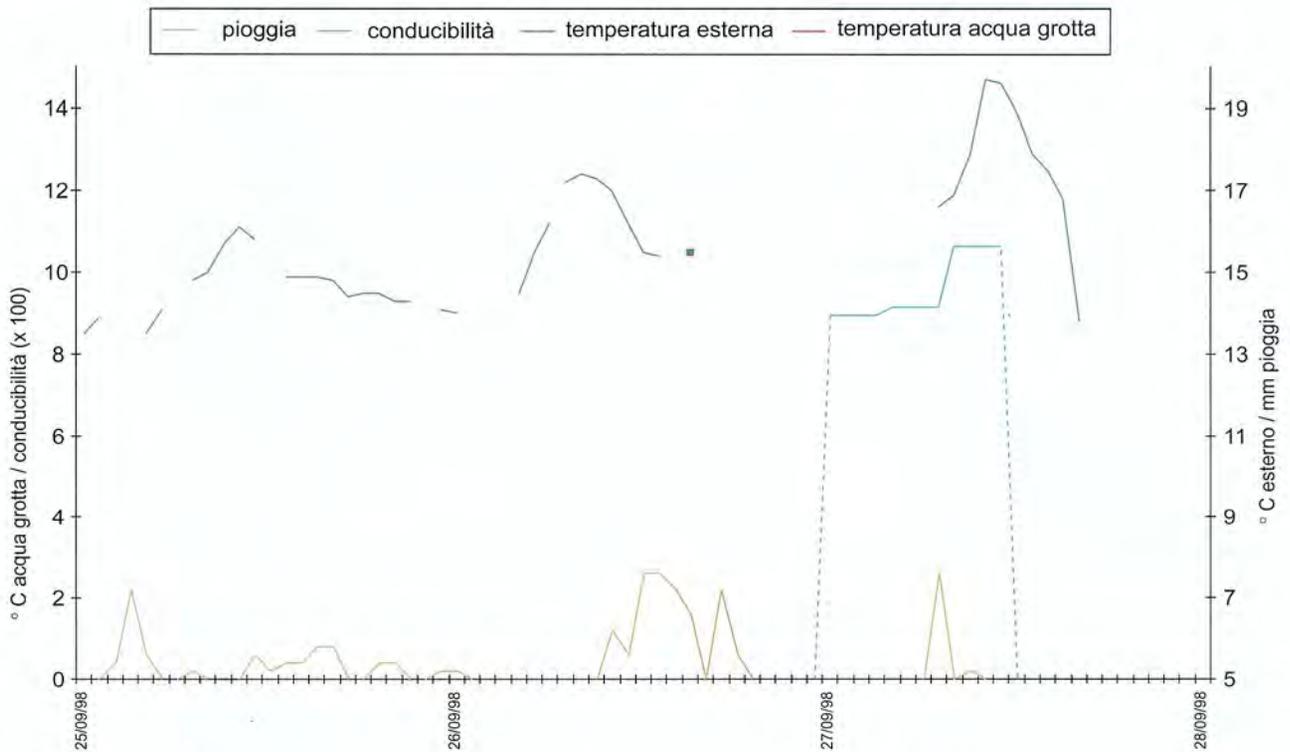


Fig. 11 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 25/27.9.98. Il quadrato indica misure puntiformi.

subito notare che i dati disponibili dal sensore sono direttamente riferibili all'acqua solo dal 27.01.99, mentre prima di allora, data la situazione di livello piezometrico basso, sono da intendersi relativi all'ambiente ed in particola-

re all'atmosfera all'interno del sedimento del pavimento.

La presenza di 4 piene, precedenti a tale data che hanno permesso all'acqua di risalire e riattivare il torrente interno, però, consentono di

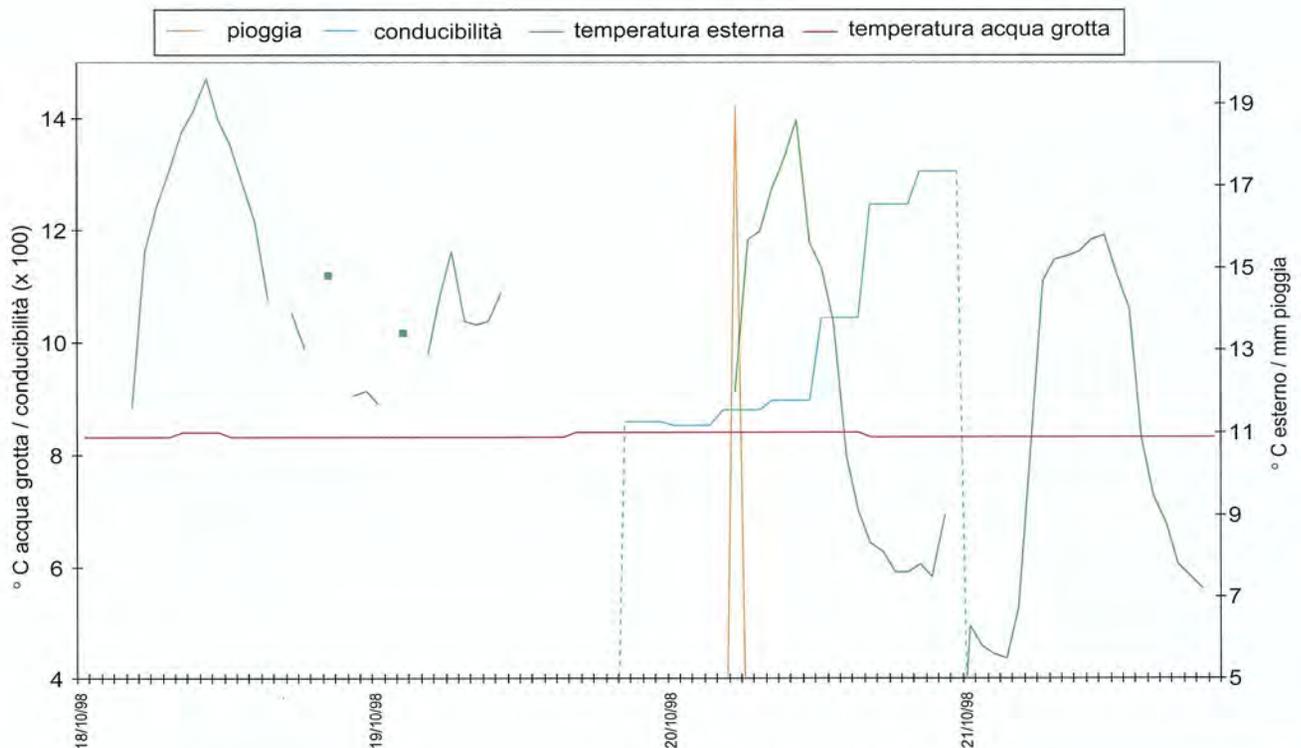


Fig. 12 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 19/20.10.98. Il quadrato indica misure puntiformi.

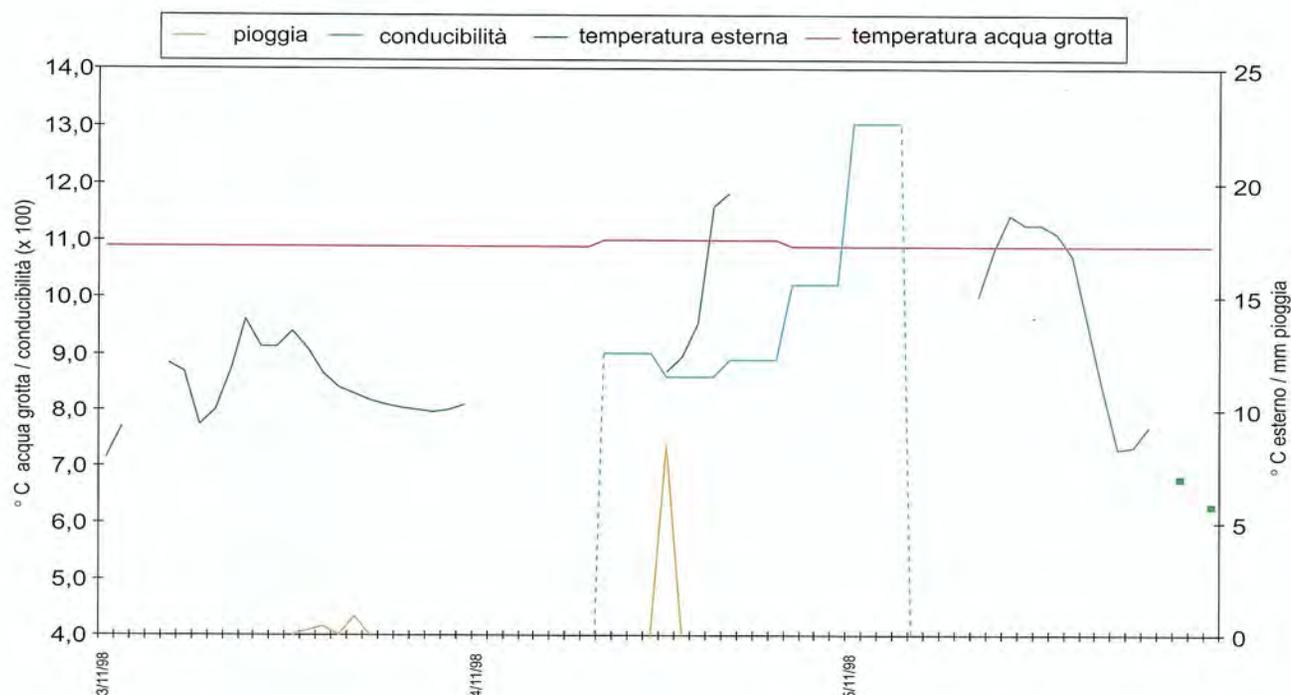


Fig. 13 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 4/5.11.98. Il quadrato indica misure puntiformi.

ricostruire, anche se solo per punti, l'evoluzione della temperatura tra il 27 settembre e il 10 dicembre 1998, lasciando pertanto scoperto solo il periodo tra il 10 dicembre 98 e il 27 gennaio 99.

Sulla base di tutti i dati disponibili si può quindi ricostruire l'evoluzione annuale della temperatura dell'acqua che passa da un minimo di 9.1 °C (piena di dicembre) ad un massimo di 11°C (in ottobre e maggio). Questi dati

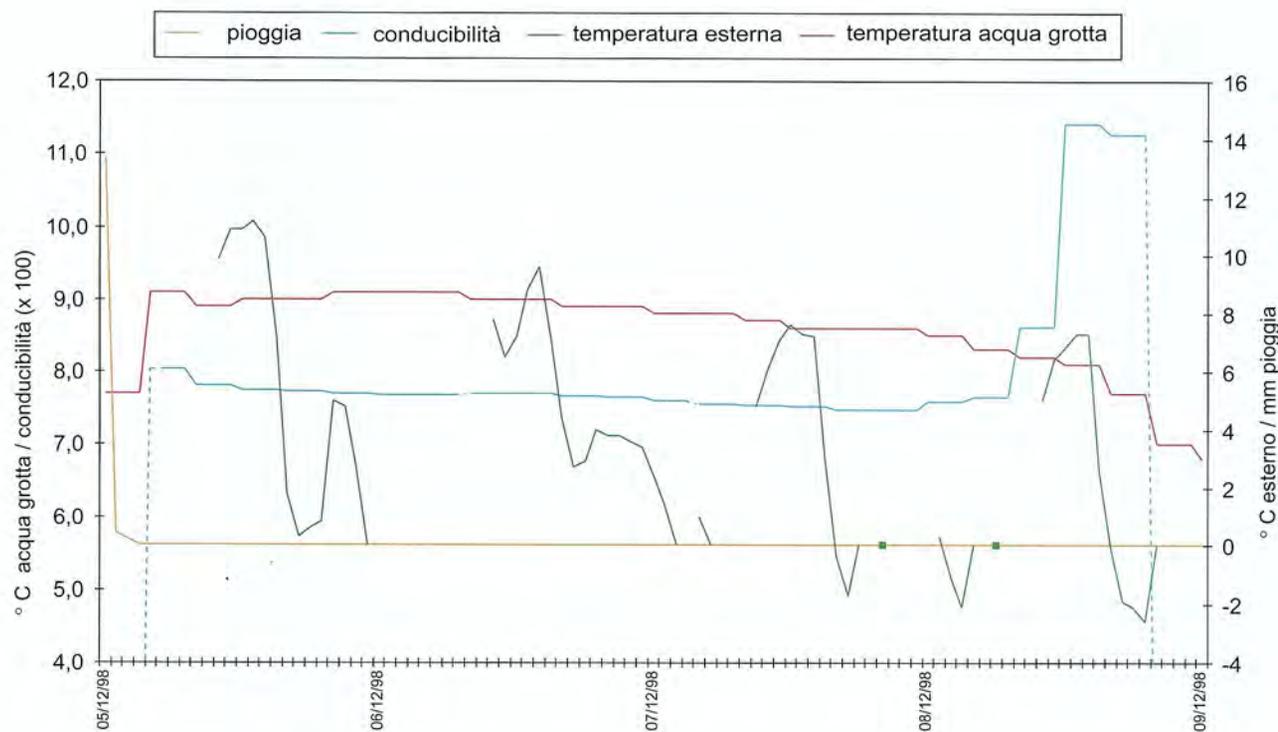


Fig. 14 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 5/9.12.98. Il quadrato indica misure puntiformi.

indicherebbero una notevole termovarianza per la grotta, che comunque si manifesta solamente nel periodo invernale, da Novembre ad Aprile, iniziando esattamente da quando l'ingresso basso aspira aria fredda, che, oltre che raffreddare direttamente l'acqua, ne causa una rapida evaporazione, sottraendone ulteriore calore.

La temperatura dell'acqua, a differenza di quella dell'aria, non ritrova subito l'equilibrio al termine dell'aspirazione di aria fredda dall'ingresso basso, ma anzi presenta il suo massimo di variabilità da febbraio alla fine di aprile, per l'effetto combinato di alternanza, probabilmente giornaliera o settimanale, delle correnti d'aria all'interno della grotta e l'afflusso di acqua più o meno fredda durante le precipitazioni atmosferiche. Alla fine di aprile, finalmente, in concomitanza con le ultime grandi piene, si stabilizza la temperatura, che da quel momento comincia a risalire in maniera regolare e costante.

Nel semestre "caldo" le variazioni di temperatura sono minime con escursioni massime tra 10.6°C e 11°C, questo anche perché il regime delle correnti d'aria è tale da minimizzare l'evaporazione e l'apporto delle piogge è minore.

Passando a considerare la conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano (v. Fig. 9), si nota subito che tale parametro presenta sempre valori molto inferiori (massimo 1139 mS a 10°C che corrispondono a 1500 mS a 25°C) a quelli dell'acqua della risorgente (2460-2340 mS a 25°C), con ciò indicando che le acque che fluiscono all'interno della grotta sono sempre molto meno mineralizzate di quelle della sorgente stessa. In particolare si evidenzia come il giorno del primo prelievo alla risorgente, il 3.05.99, la conducibilità in grotta risultava 937.8 mS (corrispondenti a 1219 mS a 25°C), mentre quella della risorgente risultava 2460 mS sempre a 25°C.

Ma dato che le acque della sorgente appartengono allo stesso acquifero e in parte sono le stesse che fluiscono in grotta, allora significa che all'interno dell'acquifero carsico vi è comunque una stratificazione di acque che, pur provenendo tutte dall'infiltrazione delle acque di pioggia, si differenziano per il tempo di residenza. È evidente infatti che buona parte delle acque che scaturiscono alla risorgente devono essere state per un maggiore tempo in contatto con la roccia gessosa rispetto a quelle che fluiscono in grotta.

Il fatto che mai le acque di grotta si avvicinino ai valori di conducibilità riscontrati alla risorgente indica che, a monte della zona di misura, neanche in occasione di forti ed improvvise variazioni piezometriche avviene un

rimescolamento totale delle acque immagazzinate nell'acquifero carsico. Sempre i dati della risorgente, invece, che sono risultati essere sostanzialmente costanti anche in occasioni di piene, indicano come, a valle del punto di misura all'interno della grotta, tale rimescolamento totale avviene.

L'analisi di dettaglio delle prime 4 piene (v. Fig. 11, 12, 13, 14), avvenute tutte in regime piezometrico basso evidenzia come l'acqua sia risalita e abbia raggiunto il letto del fiume sotterraneo sempre dopo circa 10 ore dall'evento piovoso, dato che l'entità delle precipitazioni che hanno causato l'innalzamento del livello piezometrico era simile.

La temperatura durante le prime tre di queste piene risulta non essere per nulla influenzata dalle medesime: questo indica che durante tale periodo la temperatura del sedimento in cui si trovava il sensore aveva esattamente la stessa temperatura dell'acqua che fluiva circa un metro al di sotto. Le minime variazioni positive (+0.1°C al limite della sensibilità dello strumento) osservate all'inizio della seconda e della terza piena sono probabilmente da mettere in relazione col fatto che, con l'innalzarsi del livello piezometrico, il sedimento veniva di nuovo invaso dall'acqua e quindi venivano a cessare i processi evaporativi responsabili di un, sia pur minimo, abbassamento locale della temperatura.

Discorso molto differente va fatto per l'evoluzione della temperatura durante la quarta piena (v. Fig. 14), avvenuta tra il 5 e l'8 dicembre: infatti immediatamente dopo la fine della piena del 5 novembre la temperatura del sedimento aveva iniziato a calare vistosamente a seguito dell'inversione della circolazione dell'aria all'interno della Tana della Mussina di Borzano, che, in quel periodo, aveva iniziato ad aspirare aria fredda dall'ingresso basso.

La risalita della piezometrica in questo caso ha comportato quindi un innalzamento molto marcato della temperatura che dai 7.8°C è risalito ai 9.2°C, per poi iniziare una nuova rapida discesa per effetto sia del contatto diretto con l'atmosfera fredda di grotta sia, una volta che il livello piezometrico era ridisceso al di sotto del pavimento della grotta, della forte evaporazione dell'acqua di imbibizione indotta dalle correnti di aria presenti.

Passando a considerare l'andamento della conducibilità bisogna innanzitutto osservare che tali valori sono disponibili solamente dal momento in cui il livello dell'acqua è risalito oltre il pavimento della grotta e pertanto, per tutte e quattro le piene, nulla si può dire rela-

tivamente alla variazione di conducibilità prima di tale evento.

Le variazioni di conducibilità registrate in tutte e quattro gli eventi di piena (v. Fig. 11, 12, 13, 14) indicano un progressivo aumento della conducibilità di mano in mano che passa la piena. Infatti i valori massimi vengono sempre raggiunti quando il livello piezometrico si riabbassa sotto il livello del pavimento, impedendo così ogni ulteriore analisi delle variazioni di questo parametro.

Le curve di risalita della conducibilità sono assai simili per tutte e quattro gli eventi (v. Fig. 15) anche se, per il primo la risalita della conducibilità si è interrotta molto prima a causa del rapido ridiscendere della piezometrica dato che il sistema carsico proveniva da un prolungato periodo di mancanza di alimentazione.

Una cosa che differenzia le quattro curve è il tempo di evoluzione delle medesime, che si allunga progressivamente e che, soprattutto per l'ultima, occupa vari giorni prima che si manifesti il rapido innalzamento della conducibilità, che viceversa avviene in un tempo molto minore rispetto a quello delle prime tre piene.

L'allungamento del periodo antecedente la brusca risalita è del tutto logico e dipende direttamente dal fatto che l'acquifero è andato progressivamente ricaricandosi, dopo il lungo periodo di siccità, e pertanto le piene che si succedevano nel tempo venivano con sempre maggiore difficoltà riassorbite dal sistema.

Osservando sul grafico generale della conducibilità i valori raggiunti nel corso della seconda, terza e quarta piena, si ricava che essi sono probabilmente non molto distanti dai valori medi che, in quel periodo dell'anno, avrebbe avuto l'acqua del torrente interno alla grotta se fosse stato attivo.

L'analisi di dettaglio delle variazioni di conducibilità in funzione delle precipitazioni esterne evidenzia come un evento piovoso anche di notevole intensità (quello del 20.10.98) che avviene quando una piena è già in atto, invece di causare una diminuzione temporanea di conducibilità eventualmente provoca un più rapido innalzamento di questo parametro.

Questo fatto si spiega solamente tramite un effetto di pistonaggio: a seguito del primo evento piovoso i condotti drenanti a monte del luogo di misura si sono evidentemente completamente saturati e pertanto l'ulteriore pioggia non può arrivare rapidamente ma esercita esclusivamente un effetto di carico idrostatico che conseguentemente causa, a livello della grotta,

la risalita di acqua normalmente immagazzinata nella zona bassa dell'acquifero e quindi maggiormente mineralizzata.

In questa ricostruzione ben si inquadra il fatto che, nel caso della quarta piena, la risalita sia stata più rapida con una durata e con una conducibilità massima inferiore a quelle della seconda e terza piena.

Nella quarta piena, infatti, dopo l'evento piovoso che la aveva innescata, non si è verificata nessuna altra pioggia e quindi non è avvenuta nessuna azione di pistonaggio e l'aumento di conducibilità registrato al termine è quindi imputabile esclusivamente all'esaurimento dell'acqua di infiltrazione meteorica e alla concomitante forte evaporazione. L'andamento della temperatura conferma questo quadro indicando, praticamente durante tutto l'evento, una costante diminuzione, che si è progressivamente accentuata dal momento della risalita della conducibilità per proseguire anche dopo l'abbassamento del livello piezometrico al di sotto del pavimento della grotta.

Passando a considerare i diagrammi di dettaglio delle piene avvenute dopo che il livello dell'acqua si era riportato stabilmente al di sopra del pavimento della cavità si può osservare subito che il tempo di corruzione è molto minore rispetto a quanto osservato nei periodi di livello piezometrico basso. Infatti, per la piena del 27.3.99 (v. Fig. 16), l'intervallo intercorso tra l'evento piovoso e la variazione della temperatura e della conducibilità in grotta è stato di appena 2-3 ore.

La temperatura è aumentata repentinamente di 0.4°C , tendendo ad assumere il valore dell'acqua di pioggia, come si può dedurre dai dati termometrici esterni anche se incompleti proprio in concomitanza dell'evento piovoso.

La conducibilità ha subito nel contempo una brusca discesa, a conferma del fatto che arrivava acqua di scorrimento rapido.

Le successive variazioni di temperatura e conducibilità, assolutamente coerenti tra loro, sembrerebbero indicare un sistema complesso con arrivi di acque differenti.

Dopo 4 ore di relativa stabilità, infatti la temperatura è salita di 0.1°C e la conducibilità è scesa di 0,043, indicando così l'arrivo di un impulso di acqua meteorica, infiltratasi probabilmente ai margini del sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano.

Dopo ulteriori 2-3 ore la conducibilità aveva un brusco rialzo che manteneva nelle 3-4 ore successive, mentre la temperatura si abbas-

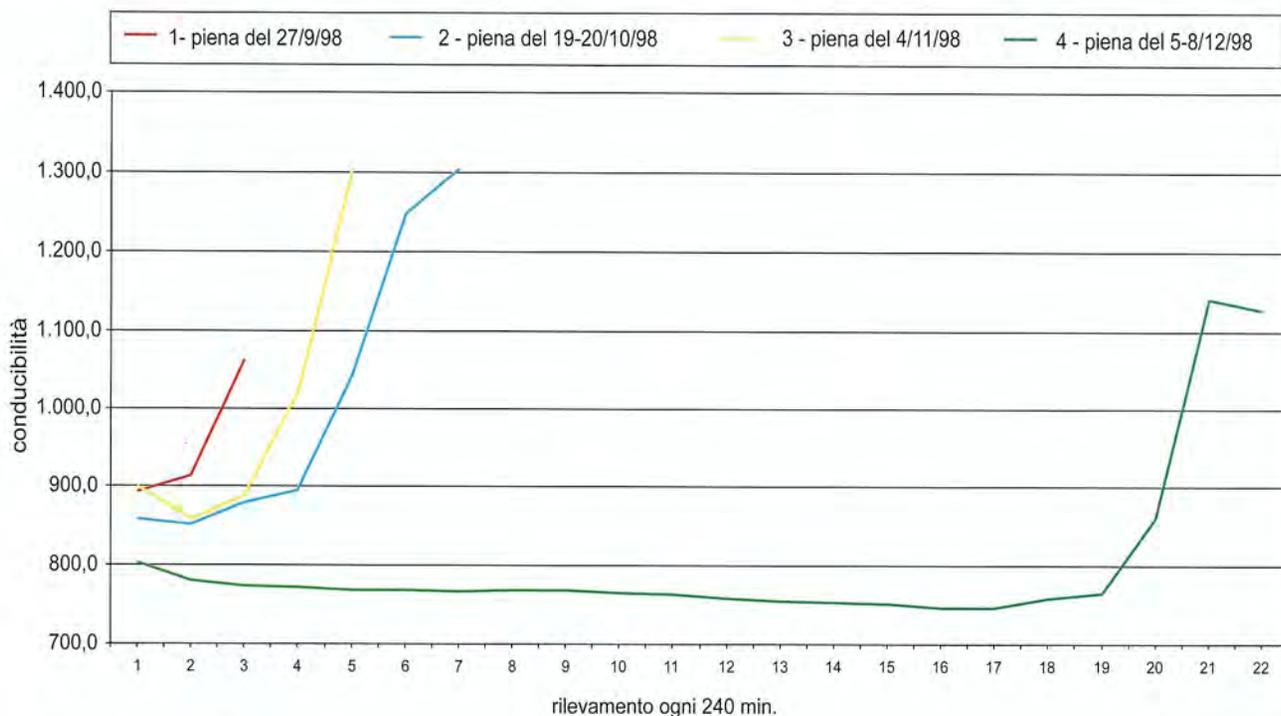


Fig. 15 - Evoluzione dei valori della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano in funzione del tempo dal momento della risalita della piezometrica durante le quattro piene di Fig. 11, 12, 13, 14.

sava bruscamente con un leggero ritardo rispetto alla conducibilità. Queste variazioni sono sicuramente da mettere in relazione ad un effetto pistone, che ha portato, per 3-4 ore ad affiorare in grotta una certa quantità di acqua "antica", quindi più mineralizzata e fresca di quella di origine meteorica recente.

Dopo questo ultimo impulso la piena si è esaurita ed il sistema delle acque di grotta ha iniziato lentamente a riportarsi in equilibrio: la conducibilità, dopo un brusco calo dovuto alla cessazione della risalita delle acque mineralizzate ha iniziato lentamente a risalire mentre la temperatura ha continuato il suo trend

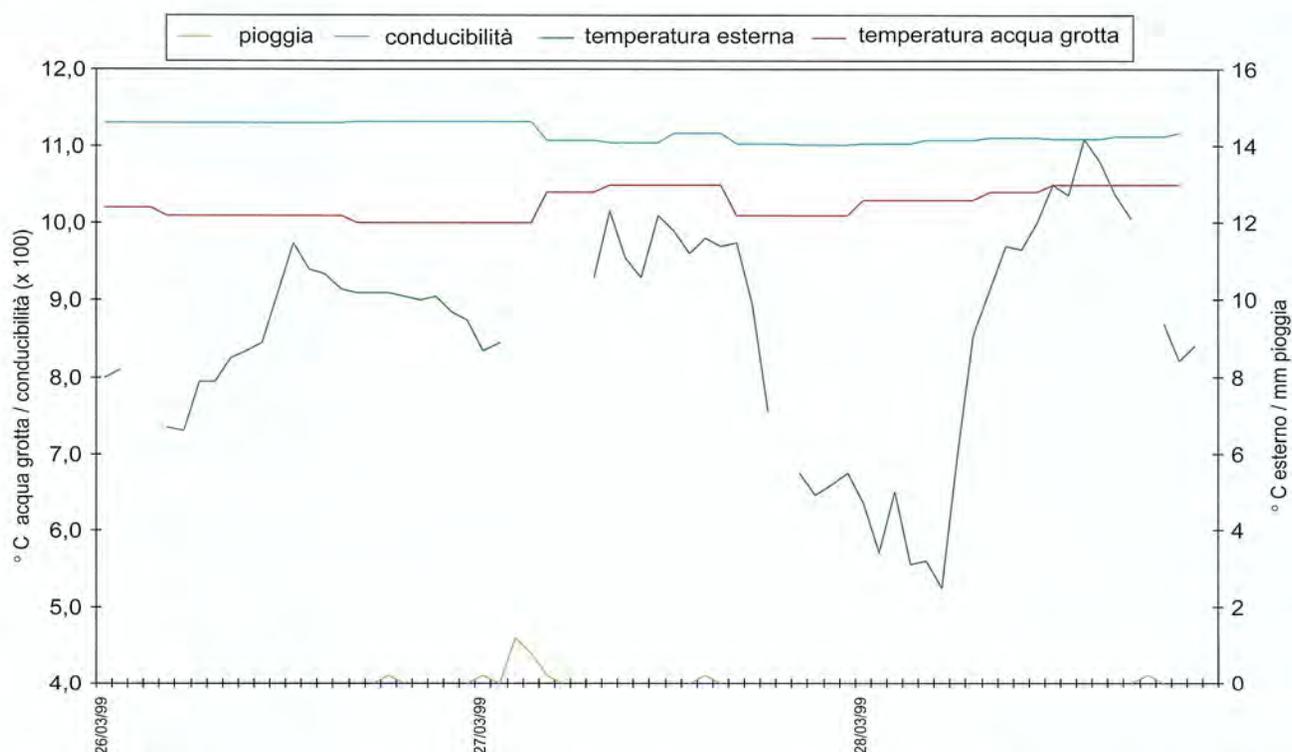


Fig. 16 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 27.3.99.

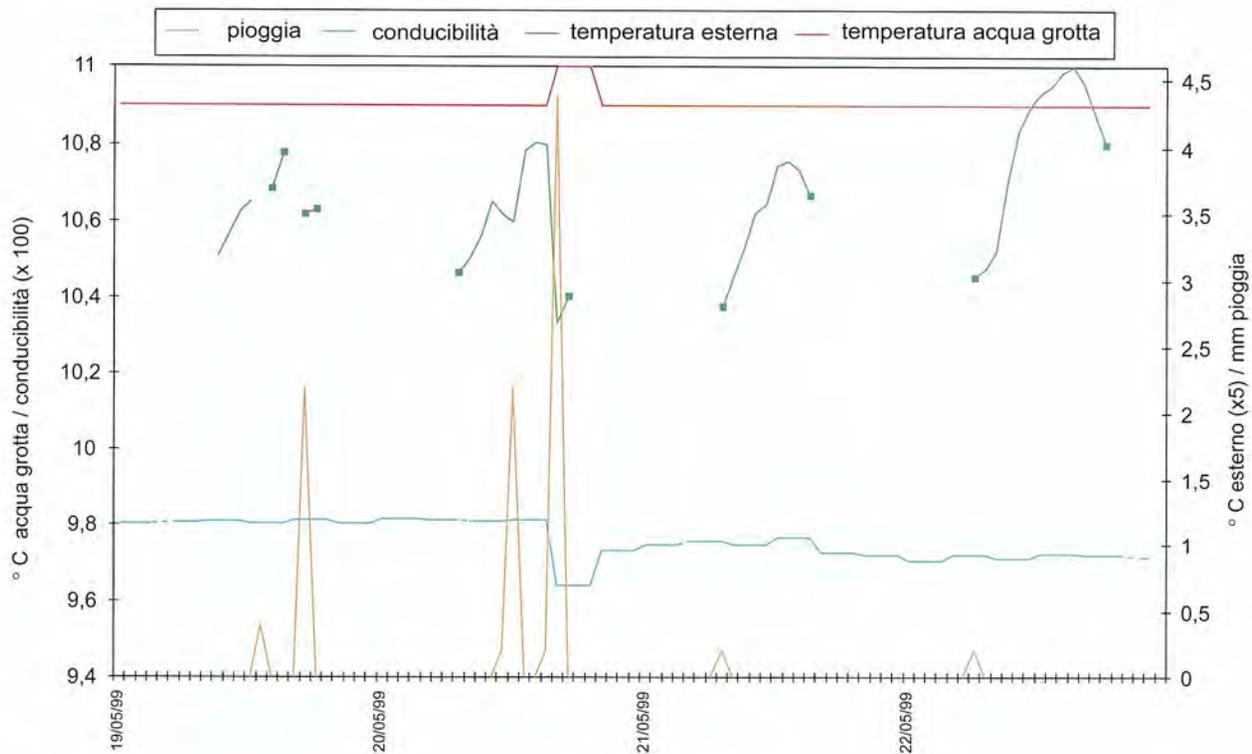


Fig. 17 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 19/22.5.99. Il quadrato indica misure puntiformi.

al rialzo a seguito dell'innalzamento medio delle temperature esterne.

Una conferma di questo comportamento si ricava anche dall'analisi della piena del 20-21.05.99 (v. Fig. 17). Anche in questo caso, infatti, l'inizio dell'arrivo della piena coincideva

con una repentina diminuzione della conducibilità che poi lentamente risaleva per evidenziare poi, dopo circa 18 ore dall'inizio della piena, un picco di massima, dovuto, analogamente all'evento del 27.03.99, all'effetto pistone.

In questo caso, però, le variazioni termome-

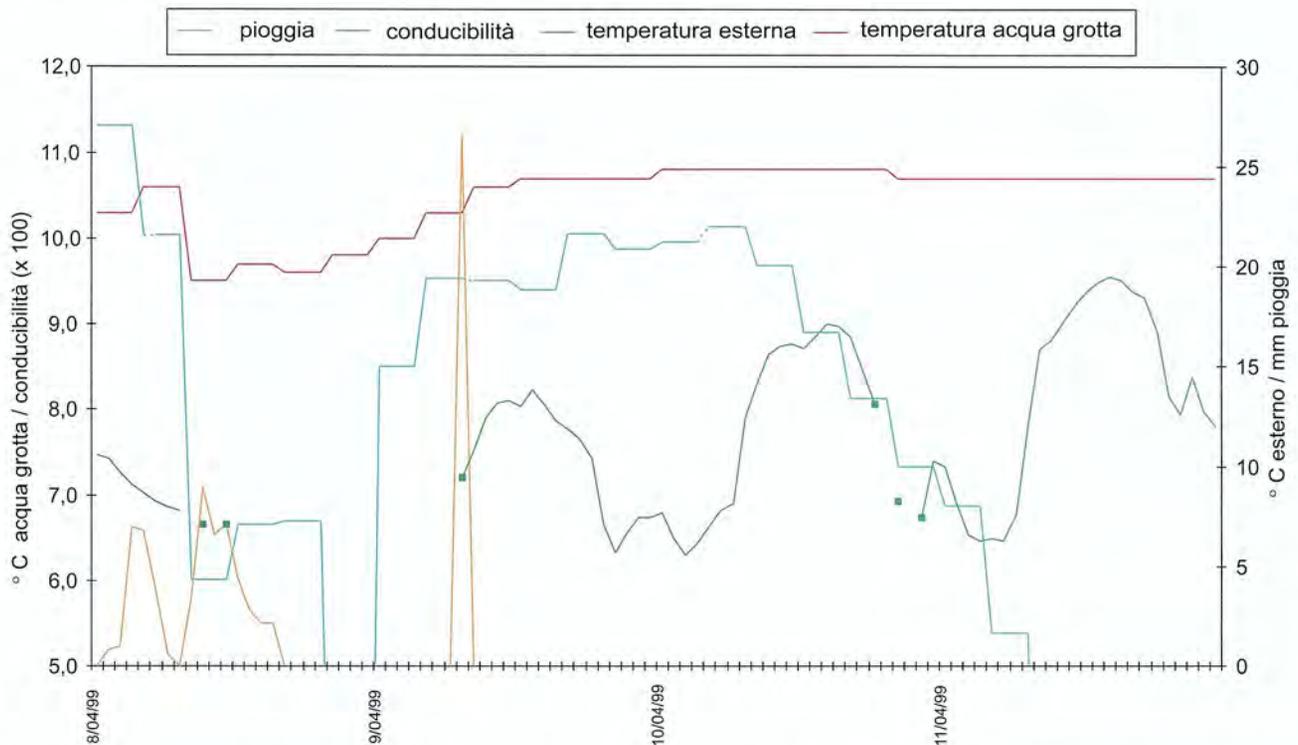


Fig. 18 - Piogge e andamento della temperatura e della conducibilità delle acque della Tana della Mussina di Borzano nel periodo 8-11.4.99. Il quadrato indica misure puntiformi.

triche sono state assai limitate (+0.1 °C) e ristrette al primo impulso di piena: questo si spiega col fatto che in questo periodo si era già stabilizzata la circolazione dell'aria estiva all'interno della grotta, con conseguente trasformazione della zona di misura da termovariabile a termostabile, come si può facilmente rilevare anche dal grafico generale (v. Fig. 9).

L'andamento appena descritto per le due piene in periodo di piezometrica alta sembra essere confermato anche da altri eventi che, a causa del malfunzionamento di uno o più degli strumenti automatici di misura, non possono però essere analizzate nella loro completezza.

E' il caso della piena dell'8-10 Aprile 1999 (v. Fig. 18) in cui il tracciato della conducibilità segue esattamente il medesimo schema delle piene appena descritte, anche se per un certo tempo lo spiaggiamento dell'elettrodo non ha permesso di misurare i valori di conducibilità.

Si conferma così la presenza costante, in condizioni di acquifero carico, dell'effetto pistone.

Le variazioni di temperatura sono assai più marcate rispetto alla piena del 19.5-22.5 ma presentano un andamento comunque coerente con il tracciato della conducibilità tenendo presente che, in quel periodo, le acque di infiltrazione rapida dovevano essere più fredde di quelle immagazzinate nell'acquifero.

In conclusione l'analisi di dettaglio delle variazioni subite dai parametri chimico-fisici dell'acqua di grotta per tutto l'anno idrologico hanno permesso di mostrare come a livello della stazione di misura l'idrodinamica sia sempre molto rapida, mentre l'effetto di pistonaggio, costante in condizioni di acquifero carico, in magra sia presente solo se si ha una nuova precipitazione una volta che è avvenuta la saturazione dell'acquifero.

Gli effetti della condensazione nella Tana della Mussina di Borzano

E' noto che uno dei meccanismi di ricarica degli acquiferi carsici può essere la condensazione all'interno delle grotte, fenomeno che può anche avere un notevole effetto speleogenetico nei gessi (CIGNA & FORTI, 1986; CALAFORRA *et alii*, 1993 a,b).

Per questo motivo si è deciso di procedere allo studio di questo fenomeno all'interno della Tana della Mussina di Borzano.

Nella zona di misura (v. Fig.5) sono state posizionate 3 differenti stazioni di chiodi per la misura sperimentale dell'arretramento del soffitto con il metodo del Micro Erosion Meter

(v. Foto 3), un'altra stazione è stata realizzata all'esterno al fine di avere, per confronto, i dati di abbassamento delle superfici in funzione della piovosità (CUCCHI *et alii*, 1998).

Oltre alle misure di degradazione tramite MEM, si decideva di misurare sperimentalmente la condensazione attraverso la tecnica dei microtracciamenti messa a punto recentemente nei sistemi carsici gessosi di Sorbas (DELL'AGLIO, 1993).

A causa della prolungata siccità che aveva completamente asciugato le pareti della cavità a livello dei punti di controllo, per effettuare tali misure è stato necessario attendere fino al maggio 1999, quando i sopralluoghi hanno evidenziato la presenza di una certa condensazione in atto. Il giorno 8.5.99 sono state effettuati microtracciamenti con fluoresceina sodica nei pressi delle stazioni MEM.

La misurazione della diffusione del colorante nelle differenti stazioni è stata poi effettuata a 24 ore e 16 giorni dopo (v. Foto 4).

Sfortunatamente il fenomeno della condensazione si era arrestato poco tempo dopo l'inizio dell'esperimento infatti la misura dell'area di diffusione al 16° giorno era solamente 3-5 volte superiore a quella osservata dopo sole 24 ore e, inoltre, essendo la parete oramai completamente asciutta non era più presente la caratteristica fluorescenza.

Per i calcoli, dunque, si è potuto utilizzare esclusivamente il dato a 24 ore, che comunque è attendibile avendo dato valori di diffusione del colorante omogenei tra i tre punti di misura, con media di circa 110 cm² e forma dell'area interessata parzialmente allungata verso il basso con assi rispettivamente di 13 e 8.5 cm.

La velocità di diffusione ricavata (0.4 cm/ora) è risultata essere dello stesso ordine di grandezza di quella osservata nella Cueva del Agua a Sorbas in Spagna (0.3 cm/h) (CALAFORRA, *et alii* 1993a).

Considerando che una goccia d'acqua ha un diametro di circa 5 mm e bagna un'area di circa 10 cm quadrati, nell'area di misura della condensazione nella Tana della Mussina di Borzano, in 24 ore, sono condensate circa 11 gocce per un volume totale 0.77 cm cubici su una superficie media di 55 cm quadrati (media tra 0 e totale colorato 110 cm quadrati). Quindi lo spessore di acqua depositato per unità di superficie in 24 ore è stato di 0.15 millimetri.

Se questo dato potesse essere estrapolato su tutto l'anno darebbe un valore di condensazione di circa 52 millimetri per unità di superficie, valore assolutamente non trascurabile.

Ma, come si è visto anche durante l'esperi-

mento di microtracciamento, il periodo di attività della condensazione è molto più limitato nel tempo e pertanto il calcolo va esteso solamente al periodo in cui in questa area di grotta vi è una corrente d'aria sovrasatura di umidità, che, sulla base delle osservazioni saltuarie effettuate, può essere valutato in 2 mesi: conseguentemente il valore della condensa verrebbe a ridursi a soli 9-10 millimetri/anno.

Questo valore dovrebbe portare ad un abbassamento del soffitto di circa 0.001 mm, quindi non misurabile con il MEM su un lasso di tempo inferiore ai 10 anni: le misure quindi, per essere significative, dovranno proseguire per almeno altri 20 anni.

Dal punto di vista della ricarica dell'acquifero, invece, la condensazione ha sicuramente un effetto ancora minore. Considerando infatti che la superficie totale di condensazione nella Tana della Mussina di Borzano può essere ragionevolmente valutata in 1000 m² allora la condensazione globale risultante dovrebbe aggirarsi sui 10 m³/anno.

Questi valori non sono certo paragonabili a quelli molto superiori, ottenuti per il sistema carsico della Spipola a Bologna (CIGNA & FORTI, 1986) o per quello della Cueva del Agua in Spagna (CALAFORRA, *et alii* 1993a).

La ragione di questa differenza sta nel fatto che nella Tana della Mussina, a differenza degli altri due sistemi, la condensazione è efficace solamente per un lasso di tempo molto breve.

In ogni caso, anche qui si è potuto dimostrare che la condensazione, anche se come processo sicuramente secondario, ha comunque effetti sia sulla ricarica dell'acquifero che sulla evoluzione speleogenetica della grotta.

Conclusioni

Il presente studio ha innanzitutto permesso di definire in dettaglio i limiti dei bacini di ricarica dei tre acquiferi carsici in cui è suddiviso l'affioramento gessoso compreso tra il Rio Groppo ed il Torrente Lodola.

I tracciamenti effettuati, poi, hanno evidenziato come l'idrodinamica dei sistemi carsici sia molto elevata, indice di un ben sviluppato carsismo con conseguente scarso potere di immagazzinamento da parte degli acquiferi stessi: cosa quest'ultima che spiega come mai per più o meno lunghi periodi le risorgenti siano del tutto asciutte.

Questi dati sono poi stati confermati dalle variazioni osservate nel chimismo delle acque

della Tana della Mussina, ove, durante le precipitazioni la conducibilità calava repentinamente anche di oltre il 30%.

La ricarica di tutti e tre gli acquiferi è dovuta in massima parte ad infiltrazione diretta delle acque di precipitazione meteorica, mentre sono del tutto esclusi, anche per il passato, contributi per perdite da fiumi esterni. E' stata anche dimostrata la presenza di un altro meccanismo di ricarica (la condensazione all'interno delle grotte), che comunque è risultato essere del tutto trascurabile ai fini del bilancio idrogeologico, mentre sicuramente ha effetti di tipo morfologico in grotta (evoluzione di soffitti a cupole di dissoluzione da condensazione).

L'evoluzione temporale dei parametri chimico-fisici delle acque del sistema carsico della Tana della Mussina di Borzano ha permesso di dimostrare come la zona saturata oscilli di uno o due metri tra il regime di piena e quello di magra, confermando così l'esistenza di una serie di condotte drenanti al di sotto del piano di calpestio della grotta, in grado di assorbire le acque per buona parte dell'anno.

I dati disponibili sembrano indicare che tali dreni siano oggi in una fase di riescazione, dopo essere stati completamente oblitterati alla fine dell'ultimo glaciale da parte di materiale fluitato: questo spiegherebbe come mai essi ancora non siano in grado di assorbire le piene.

La presenza di sedimenti nel reticolo carsico della Tana della Mussina di Borzano è con ogni probabilità anche la causa dell'effetto di "pistonaggio" idraulico osservato nei periodi di acquifero carico e a seguito di precipitazioni in serie durante i periodi di magra. E' probabile infatti che i sedimenti rendano difficile il transito alle acque di infiltrazione meteorica una volta che queste hanno raggiunto un livello di piena. Pertanto, in queste condizioni, l'infiltrazione causa un innalzamento locale della piezometrica a livello dei punti di inghiottimento, con messa in carico del sottostante acquifero e conseguente risalita di acque più mineralizzate, che raggiungono e si miscelano a quelle di infiltrazione rapida a livello della grotta.

Infine l'idrochimica delle acque dei 3 sistemi carsici ha evidenziato come si tratti di acque solfato calciche di buona qualità, e solo per il sistema della Tana della Mussina di Borzano l'esistenza di un relativamente alto contenuto in nitrati, da ascrivere all'eccesso di concimazione dei campi in prossimità dei punti di assorbimento del sistema stesso.

In conclusione si può affermare che il livello di conoscenza sugli acquiferi carsici ospitati nel-

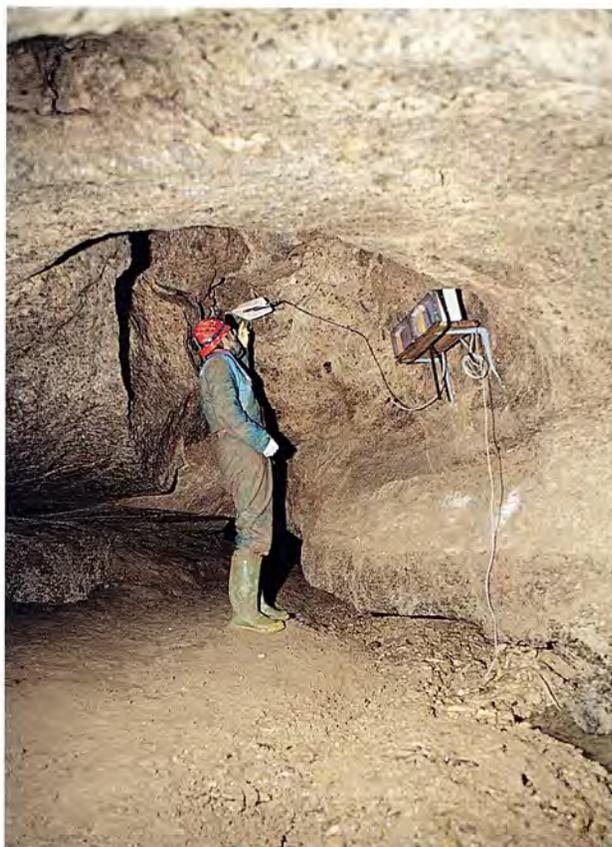


Foto 3 - stazione di misura della temperatura, dell'umidità dell'aria e MEM (sulla volta e a livello del torrente, in basso a destra) (foto M. Chiesi).

l'affioramento gessoso compreso tra il Rio Groppo e il Torrente Lodola è adesso più che soddisfacente e può permettere una facile pianificazione per la salvaguardia di tutta l'area carsica in generale e della qualità delle acque.

Bibliografia

BARBIERI M., ROSSI A., 2001a: Petrografia della zona carsica di Borzano e delle aree limitrofe (Com. Albinea – Prov. di Reggio Emilia), Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, Vol. XI, Albinea, 2001, p. 35-43

BARBIERI M., ROSSI A., 2001b: Influenza della tettonica sulla evoluzione morfologica epi ed ipogea nell'area carsica di Borzano (Com. di Albinea – Prov. Di Reggio Emilia), Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, Vol. XI, Albinea, 2001, p. 71-83

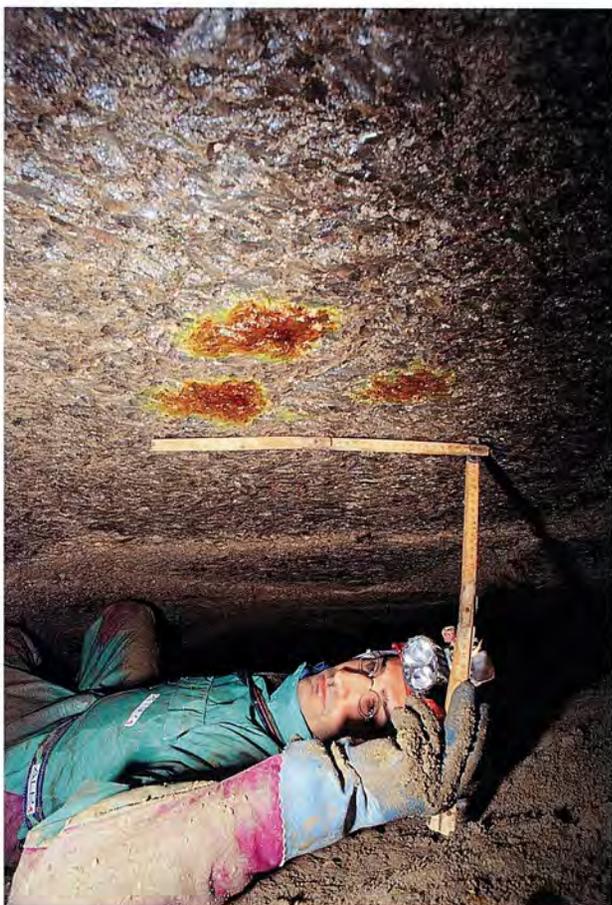


Foto 4 - misurazione della diffusione del colorante delle prove di microtracciamento con fluorosceina sodica, a 24 ore dall'applicazione (foto M. Chiesi).



Foto 5 - cunicolo allagato dalla piena del torrente interno (Foto S. Sturloni)



Foto 6 - risorgente della Tana della Mussina di Borzano, in attività (Foto B. Pezzarossi)

- BERTOLANI M., ROSSI A., 1988: Le aree carsiche nei gessi messiniani del basso appennino reggiano. In: (a cura di) Chiesi M. "Guida alla Speleologia nel reggiano", Amm.ne Prov.le di RE: Assessorato alla Pianificazione Territoriale, Tutela dell'Ambiente e Difesa del Suolo - Gruppo Speleologico Paleontologico "Gaetano Chierici", 20-28
- CALAFORRA J.M., DELL'AGLIO A., FORTI P., 1993a: The role of condensation-corrosion in the development of gypsum karst: the case of the Cueva del Agua (Sorbas - Spain). Proc. Congr. Int. Spel., Beijing, p.63-65
- CALAFORRA J.M., DELL'AGLIO A., FORTI P., 1993b: Preliminary data on the chemical erosion in gypsum karst: 1- The Sorbas region (Spain). Proc. Congr. Int. Spel., Beijing, p.97-99
- CHIERICI G., 1872: Una caverna del Reggiano esplorata; Reggio Emilia, 1872
- CHIESI M., 2001: Inquadramento geografico e caratteri meteorologici dell'area carsica di Borzano di Albinea (Reggio Emilia), Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, Vol. XI, Albinea, 2001, p. 9-15
- CHIESI M., FERRARI C., FORMELLA W., 1987: Il carsismo degli affioramenti messiniani di Cà Scaparra (RE); Ipoantropo n.4; Bollettino G.S.P.G.C. RE, 1986, 12-21
- CIGNA A.A., FORTI P., 1986: The speleogenetic role of air flow caused by convection. 1st contribution. Int.J. of Speleology 15(1986): 41-52
- CUCCHI F., FORTI P., FINOCCHIARO F., 1998: Gypsum degradation in Italy with respect to climatic, textural and erosional conditions. Geogr. Fis e Dinam. Quat. Suppl. III, t.4, p.41-49
- DELL'AGLIO A., 1993: Misure sperimentali di erosione chimica nei gessi: il carso secco-temperato di Sorbas (Almeria, Spagna). Tesi di Laurea in Geologia, Università di Bologna AA 1992-93, 90 pp.
- FORTI P., 1992: Il carsismo nei gessi con particolare riguardo ai gessi dell'Emilia-Romagna. Speleologia Emiliana s.4,2,p.11-36
- HEATON T., 1986: Caves. A tremendous Range in Energy Environments on Earth. National Speleological Society News, August: 301-304
- MALAVOLTI F., TRANI R., BERTOLANI M., BERTOLANI MARCHETTI D., MOSCARDINI C., 1956: La zona speleologica del basso Appennino reggiano; Le Grotte d'Italia (3), vol. 1, 1955-56, p. 187-215
- PANIERI G., 2001: I Foraminiferi della Tana della Mussina (Albinea, Reggio Emilia), Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, serie II, Vol. XI, Albinea, 2001, p. 145-155

LA FAUNA ACQUATICA DELLA TANA DELLA MUSSINA (2 E/RE)

Fabio Stoch¹

Riassunto

Nel corso delle ricerche biospeleologiche sulla fauna acquatica della Tana della Mussina di Borzano (2 E/RE, Appennino Reggiano), sono state identificate sei specie di crostacei (cinque di copepodi ed una di anfipodi). Di queste, cinque sono stigobie ed una è stigofila (*Paracyclops imminutus* Kiefer, segnalata per la prima volta con certezza per il territorio italiano). La fauna acquatica della cavità presenta affinità con quella delle grotte dell'area prealpina, e denota l'assenza di fenomeni inquinanti di rilievo nel torrente ipogeo.

Parole chiave: Acque carsiche, Stigobi, Copepodi, Anfipodi

Abstract

During a biospeleological survey of the groundwater fauna of the cave named "Tana della Mussina di Borzano" (cadastre number 2 E/RE, Reggiano Appennine), six crustacean species were identified (five copepods and one amphipod). Five of them are stygobiont and one is stygophilous (*Paracyclops imminutus* Kiefer, reported for the first time for Italy). The groundwater fauna of the cave shows some similarities with the fauna of the pre-alpine caves, and indicates the absence of detectable pollution in the hypogean brook.

Keywords: Karstic groundwaters, Copepods, Amphipods

Premessa

La fauna acquatica della Tana della Mussina di Borzano (Reggio Emilia), come del resto quella delle altre cavità delle formazioni gessose dell'Appennino Reggiano, era sinora praticamente sconosciuta, e limitata a vecchie cita-

zioni di crostacei anfipodi del genere *Niphargus* (MENOZZI, 1933; MOSCARDINI, 1954; CHIESI, 1988). Nell'ambito di una estesa campagna di indagini volte alla conoscenza e tutela di questa cavità riveste pertanto un particolare interesse approfondire le tematiche riguardanti il popolamento delle acque sotterranee, per due motivi principali.

In primo luogo gli elementi stigobi, cioè esclusivi delle acque sotterranee, rivestono un notevole interesse biogeografico, potendo venir impiegati nella ricostruzione della sequenza delle colonizzazioni che ha portato all'attuale assetto faunistico, portando pertanto un contributo alla conoscenza della storia del territorio. In secondo luogo, le specie stigobie sono molto sensibili all'inquinamento ed in genere alle alterazioni dell'ambiente, e costituiscono pertanto dei validi indicatori per il monitoraggio della qualità delle acque e dello stato di conservazione degli equilibri naturali (STOCH, 1996, 1997).

Nell'ambito della presente indagine, condotta nel corso del 1999, sono stati effettuati prelievi nelle acque sotterranee della Tana della Mussina nell'intento di delineare un primo quadro faunistico di questa cavità. Sono state prese in esame due tipologie ambientali: a) acque di stillicidio nella parte interna della cavità, che si raccolgono in minute pozzette concrezionate (zona vadosa); b) ruscello e sifoni lungo la galleria principale (zona epifreatica). In entrambe le tipologie ambientali sono stati effettuati prelievi con particolare riguardo alla meiofauna (organismi inferiori al mm).

¹ Viale XXV Aprile, 24 - 34015 Muggia (TS)

Materiali e metodi

I prelievi di meiofauna sono stati eseguiti con le seguenti modalità:

a) pozzette di stillicidio nella parte interna della cavità: mediante pompetta aspirante manuale e successivo filtraggio attraverso retino da plancton di 100 μ di vuoto di maglia;

b) ruscello ipogeo e sifoni: mediante retino immanicato, con vuoto di maglia di 100 μ ; nel ruscello il retino è stato posizionato con la bocca controcorrente, mentre veniva effettuata una rimozione manuale del sedimento a monte dello stesso.

Il prelievo degli organismi di maggiori dimensioni (crostacei anfipodi) è stato eseguito mediante caccia a vista, con l'ausilio di pinzette o di un semplice retino da acquario, e mediante trappole innescate con carne.

Il materiale raccolto col retino da plancton, fissato sul posto in formalina al 5%, è stato successivamente smistato in laboratorio al microscopio binoculare e conservato in formalina al 5% (copepodi, nematodi) o in alcol a 70° glicerinato al 5% (tutti gli altri gruppi).

Tutto il materiale è stato raccolto con l'aiuto di M. Chiesi e M. Domenichini ed è de-

positato parte nella collezione dell'autore (copepodi) e parte nella collezione del Museo Civico di Storia Naturale di Verona (anfipodi).

Risultati delle indagini

Nel corso delle indagini è stato raccolto un ricco materiale che si può riassumere nell'elenco seguente:

- Oligochaeta
(in corso di studio da parte di specialisti)
- Nematoda
(in corso di studio da parte di specialisti)
- Copepoda Cyclopoida
Paracyclops imminutus Kiefer, 1929 (stigofila)
Acanthocyclops cf. orientalis Borutzkyi, 1966 (stigobia)
Speocyclops sp. (stigobia)
- Copepoda Harpacticoida
Elaphoidella pseudophreatica (Chappuis, 1938) (stigobia)
Parastenocaris sp. (stigobia)
- Amphipoda
Niphargus cf. speziae Schellenberg, 1936 (stigobia).



Foto 1 - L'autore esegue prelievi nelle vaschette concrezionate alla base della "galleria delle stalattiti" (Foto M. Chiesi)

I crostacei, dominanti numericamente (90% della fauna) e presenti in tutti i microambienti indagati, sono stati identificati a livello specifico; finora mai segnalati per le grotte dell'Emilia Romagna, rivestono un notevole interesse tassonomico, faunistico e biogeografico e vengono pertanto qui di seguito esaminati in dettaglio.

Paracyclops imminutus Kiefer, 1929

Specie presumibilmente ad ampia distribuzione in Europa, presente sia in ambienti di superficie che nelle acque sotterranee come stigofila; la presenza di una femmina ovigera alla Tana della Mussina conferma la sua riproduzione nelle grotte. A lungo confusa con il congener *Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853), da cui è stata solo di recente separata a livello specifico (KARAYTUG & BOXSHALL, 1998), non era stata sinora citata con sicurezza per il territorio italiano. Il presente reperto costituisce pertanto la prima segnalazione certa della specie in Italia.

Acanthocyclops cf. orientalis Borutzkyi, 1966

Specie descritta originariamente per la Russia e segnalata per acque freatiche dell'Italia centro-settentrionale (PESCE & MAGGI, 1979 e dati inediti). Considerata la pessima qualità della descrizione originale, ed i forti dubbi di carattere biogeografico, il materiale italiano viene riferito solo dubitativamente alla specie russa, in attesa di una revisione. Nei sifoni della Tana della Mussina ne sono stati rinvenuti una decina di esemplari giovani.

La specie è presumibilmente stigobia, essendo stata sinora raccolta esclusivamente in acque sotterranee.

Speocyclops sp.

Interessante specie stigobia, della quale sono stati rinvenuti 3 copepoditi (stadi giovanili). L'assenza di materiale adulto non consente pertanto la determinazione a livello specifico, peraltro problematica in un genere in corso di revisione.

Elaphoidella pseudophreatica (Chappuis, 1928)

Specie stigobia, presumibilmente endemica italiana, sinora nota di poche cavità delle prealpi venete (CHAPPUIS, 1954a, 1954b) e forse dell'ambiente interstiziale iporreico del Brenta



Foto 2 - Esemplare maschio di *Niphargus* del gruppo *speziae* (Foto E. Lana)

(PENNA & VESENTINI PAIOTTA, 1980, sub *E. phreatica*). Necessita di essere ridescritta per una riconferma del suo status tassonomico. *Parastenocaris* sp.

Importante reperto di una specie stigobia appartenente ad un genere esclusivo delle acque sotterranee. È stata rinvenuta una sola femmina in minute pozzette di stillicidio nella parte interna della cavità. L'assenza nei campioni di maschi adulti ne preclude la determinazione a livello specifico.

Niphargus cf. speziae Schellenberg, 1936

Si tratta dell'unica specie acquatica sinora nota della Tana della Mussina, riportata come *Niphargus* sp. da Menozzi (1933: 31) e da Moscardini (1954: 22). Il ricco materiale raccolto da entrambi gli autori, depositato nelle collezioni del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, è stato riesaminato e ne è stata accertata la conspecificità con il materiale raccolto nel corso della presente indagine.

Interessante specie stigobia, in corso di studio, molto vicina a *Niphargus speziae* delle grotte della Liguria e Toscana; l'intero gruppo *speziae*, secondo Stoch (1998) erroneamente attribuito a *N. stygius* nella Fauna d'Italia da Karaman (1993), è in corso di revisione da parte dello scrivente e comprende presumibilmente più specie non ancora descritte; in attesa di una soluzione del problema, la determinazione rimane pertanto dubitativa.

Considerazioni conclusive

La fauna acquatica della Tana della Mussina presenta un notevole interesse biogeografico ed ecologico. Pur essendo ancora incompletamente conosciuta, si possono avanzare, per quanto riguarda la sua componente a crostacei, alcune considerazioni.

La fauna, comprendente 6 specie sinora identificate, è costituita quasi interamente da elementi stigobi; una sola delle specie è infatti stigofila, mentre sono del tutto assenti elementi stigosseni. Questo fatto è degno di interesse, poiché contrasta con quanto noto per la fauna terrestre (MOSCARDINI, 1954), ove invece mancano elementi troglobi specializzati. Le poche specie sinora identificate con precisione non sono tuttavia esclusive dell'ambiente cavernicolo, essendo state rinvenute anche (con l'eccezione di *Niphargus cf. speziae*) in terreni alluvionali. Si tratta pertanto di colonizzatori recenti, presumibilmente postglaciali, delle acque carsiche sotterranee (intese nel senso più ampio del termine ad includere anche le formazioni gessose). La Pianura Padana ha avuto presumibilmente la funzione di corridoio per la colonizzazione dell'Appennino Reggiano da parte di specie tipiche dell'area prealpina (*Elaphoidella pseudophreatica*) o ad affinità orientali (*Acanthocyclops cf. robustus*). Le affinità con le grotte dell'Appennino Ligure sono invece testimoniate dalla presenza di *Niphargus cf. speziae*, che ha forse superato la barriera costituita dalle cime appenniniche. Queste considerazioni, che hanno per il momento il valore di ipotesi di lavoro, necessitano tuttavia di conferma con una più approfondita indagine estesa anche ad altre cavità dell'Appennino Reggiano.

Da un punto di vista ecologico, la presenza di una fauna stigobia ricca e diversificata, notoriamente sensibile alle alterazioni dell'ambiente, depone a favore di una buona qualità dell'acqua della grotta, nella quale non si manifestano pertanto eventi inquinanti o alterazioni antropiche in grado di modificare la struttura delle comunità animali.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare gli amici M. Chiesi e M. Domenichini per l'aiuto prestato nel corso delle ricerche e la raccolta di materiale. Gli esemplari di *Niphargus* depositati nel Museo Civico di Storia Naturale di Verona sono stati riesaminati grazie alla cortesia del prof. S. Ruffo, a cui va il mio ringraziamento.

Bibliografia

- CHAPPUIS, 1954 - Nouveaux crustacés troglobies de l'Italie du Nord. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 4: 1-12.
- CHAPPUIS, 1954a - Nouveaux harpacticoides de la nappe phréatique de l'Adige. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 4: 157-162.
- CHIESI M., 1988 - Gli animali cavernicoli. In: Chiesi M. (ed.), Guida alla speleologia nel Reggiano. Tecnograf, Reggio Emilia: 55-64.
- KARAMAN G.S., 1993 - Crustacea Amphipoda (d'acqua dolce). Fauna d'Italia, 31: 1-337.
- KARAYTUG S. & BOXSHALL G. A. 1998. - The *Paracyclops fimbriatus*-complex (Copepoda, Cyclopoida): a revision. Zoosystema, 20: 563-602.
- MENOZZI C., 1933 - Nota preventiva sulla fauna della Grotta di S. Maria di Vallestra (N. 1 - E) e della Tana della Mussina (N. 2 - E). Le Grotte d'Italia, 7(1): 30-31.
- MOSCARDINI C., 1954 - Ricerche sulla fauna cavernicola. In: Malavolti F., Trani R., Bertolani M., Bertolani Marchetti D., Moscardini C., 1954 - La zona speleologica del Basso Appennino Reggiano. Atti VI Congr. Naz. Speleol., Trieste: 3-31.
- PENNA G. & VESENTINI PAIOTTA G., 1980 - Gli Arpacticoidi. In: Braioni M.G., Duzzin B., Centurioni M.C., Penna G., Negroni L. & Campaioli S., L'ambiente interstiziale iporreico del fiume Brenta e la sua fauna. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 7: 264-268.
- PESCE G.L. & MAGGI D., 1979 - Cyclopides des eaux souterraines phréatiques de la region des Marche, Italie Centrale (Crustacea: Copepoda). Acta Mus. Maced. Sci. Nat., 15(8): 167-192.
- STOCH F., 1996 - La fauna delle acque carsiche sotterranee delle Valli del Torre e del massiccio dei monti La Bernadia. Mem. Ist. It. Spel., s. II, 8: 81-87.
- STOCH F., 1997 - La fauna delle acque carsiche sotterranee delle Valli del Natisone. Mem. Ist. It. Spel., s. II, 9: 73-84.
- STOCH F., 1998 - Revision of the *Niphargus stygius* - group in Venetia and Trentino (northeastern Italy) with description of three new species (Crustacea, Amphipoda, Niphargidae). Boll. Mus. Civ. St. nat. Verona, 21: 229-274.

Fulvio Gasparo

Nota su Porrhomma spipolae di Caporiacco, 1949

Materiale esaminato. Tana della Mussina di Borzano, E 2, m 328, com. Albinea (RE), F.Stoch, M. Chiesi, M. Domenichini leg. 9.5.1999, 2 femmine; M. Domenichini leg. 12.6.1999, 1 maschio.

Note. Descritta della Grotta della Spipola, E 5, e sinora nota solo di questa cavità, la specie è stata posta in sinonimia con *Porrhomma convexum* (Westring, 1851) da Brignoli (1979: 26), sulla base delle illustrazioni della descrizione originale. A seguito di un riesame del materiale tipico, Van Helsdingen (1986: 15) ha rivalidato la specie, attribuendola al gruppo *microphthalmum*.

Si tratta di un elemento presumibilmente troglodilo, con occhi molto piccoli; la riduzione oculare non è tuttavia da mettere necessariamente in relazione a fenomeni di adattamento all'ambiente cavernicolo, in quanto una microftalmia, a volte anche più accentuata, si riscontra in altre specie del genere, viventi sia in grotta, sia nel suolo.

Riferimenti bibliografici

- BRIGNOLI P.M., 1979. Ragni d'Italia XXXI. Specie cavernicole nuove o interessanti (Araneae). Quad. Mus. Spel. "V. Rivera", L'Aquila, 5(10): 3-48.
- HELSDINGEN P.J. VAN, 1986. The *Porrhomma microphthalmum* species-group. Bull. Br. arachnol. Soc., Manchester, 7(1): 11-16.

I FORAMINIFERI DELLA TANA DELLA MUSSINA

Giuliana Panieri¹

Riassunto

La Tana della Mussina di Borzano (Albinea, RE) conserva al suo interno depositi interessanti da un punto di vista micropaleontologico. Le analisi dei campioni prelevati negli strati pelitici tra intervalli di gesso e nei riempimenti di frattura, hanno permesso di individuare sedimenti appartenenti al Messiniano per la presenza di *Bulimina echinata*, *Brizalina dentellata* e *Rectuvigerina siphogenerinoides*. Al di fuori della Tana i sedimenti appartengono in parte al Messiniano in parte al Pliocene inferiore per la presenza di *Glorotalia punctulata*, *Uvigerina rutila* e *Bulimina aculeata basispinosa*.

Parole chiave: Foraminiferi, grotta Tana della Mussina, Messiniano, Paleoambiente, Emilia.

Abstract

Foraminifers of the Tana della Mussina cave.

The "Tana della Mussina" cave preserves very interesting deposits from micropaleontological point of view. Micropaleontological analyses was performed on pelitic levels between gypsum horizons and fracture fillings. The results show Messinian sediments testified by the presence of *Bulimina echinata*, *Brizalina dentellata*, and *Rectuvigerina siphogenerinoides*.

The presence of *Glorotalia punctulata*, *Uvigerina rutila*, and *Bulimina aculeata basispinosa* confirms lower Pliocene sediments out of the Tana della Mussina cave where there are also Messinian sediments.

Key words: Foraminifers, Tana della Mussina cave, Messinian, Paleoenvironment, Emilia.

Introduzione

Nella primavera del 1999 sono stati prelevati all'interno della Tana della Mussina di Bor-

zano (Albinea, RE) e dintorni, diversi campioni di sedimento da livelli che costituiscono interstrati pelitici alternati a livelli gessosi (stazione C: campioni C₁, C₂, C₃) e da riempimenti di fratture costituiti dalla rielaborazione di sedimenti (stazione D; stazione G: campioni G₁, G₂, G₃; stazione M: campioni M₁, M₂, M₃, M₄; stazione N: campioni N₁, N₂, N₃, N₄); all'esterno della Tana sono stati prelevati campioni dalle formazioni geologiche circostanti (stazione I; stazione P: campioni P₁, P₂, P₃, P₄; stazione Cà Scaparra) (Fig. 1).

Materiali e metodi

Per analizzare i campioni da un punto di vista microfaunistico ed in particolare per osservare la presenza o meno di Foraminiferi si è proceduto come segue.

I campioni prelevati, portati in laboratorio, sono stati fatti essiccare in forno ad una temperatura di 80°C per eliminare l'eventuale contenuto d'acqua; sono stati poi immersi in acqua e lavati utilizzando un setaccio a maglie di 63 micron, per eliminare la frazione argillosa e conservare il sedimento maggiore di tale taglia. Il residuo di ogni campione ottenuto, è stato posto nuovamente in forno all'interno di un contenitore di porcellana per favorire il processo d'evaporazione d'acqua residua dal lavaggio. I residui sono poi stati analizzati mediante un microscopio ottico con ingrandimenti 15x50. Alcuni sono risultati estremamente sabbiosi perciò si è ritenuto opportuno passare i suddetti

¹ Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, via Zamboni 67, Bologna.

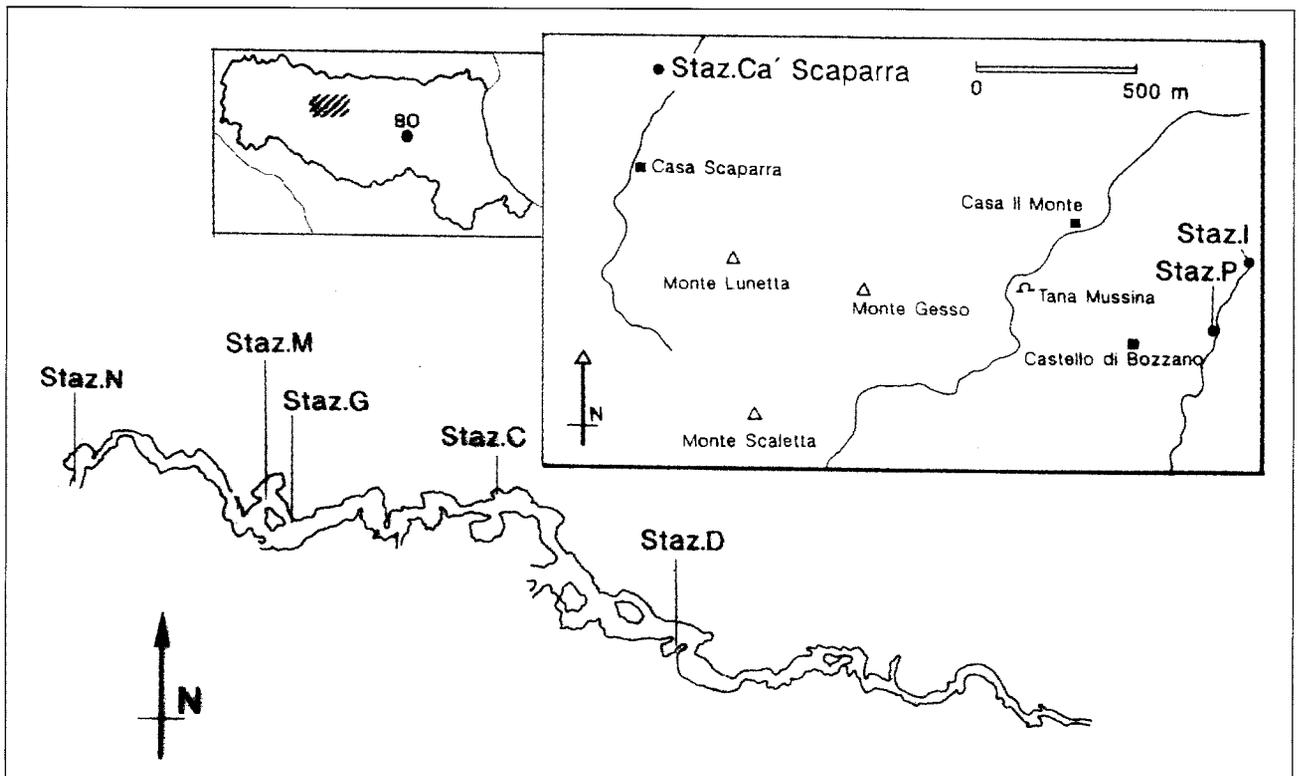


Fig. 1 - Localizzazione dell'area studiata con stazioni di prelievo dei campioni.
Location-map for the study area with samples position.

residui in un liquido di particolare peso specifico, il tetracloruro di carbonio (CCl_4), che permette la separazione dell'eventuale microfauna dal residuo. Il risultato è stato positivo, anche se i Foraminiferi sono risultati non molto frequenti quantitativamente. Per le specie presenti si è fatto uno studio qualitativo per vari motivi: perché i Foraminiferi sono risultati rari e a volte una specie era rappresentata da un solo individuo e perché tutte le forme si presentano in cattivo stato di conservazione.

Analisi dei campioni

I residui dei campioni sono stati analizzati utilizzando un microscopio ottico per verificare la presenza o meno di Foraminiferi; quando presenti sono stati determinati e per ogni campione si sono compilati elenchi delle specie.

Stazione C - I campioni della stazione C (C_1, C_2) sono rappresentati da interstrati pelitici alternati a livelli gessosi. In particolare, presentano le seguenti caratteristiche:

Campione C_1 - È costituito da cristalli di gesso; microfauna assente.

Campione C_2 - Le specie determinate sono le seguenti:

Bulimina fusiformis Williamson *sensu* Fornasini

Bulimina echinata d'Orbigny
Cibicides lobatulus (Walker e Jacob)
Florilus boueanum (d'Orbigny)
Lagena costata (Williamson)
Trifarina angulosa (Williamson)
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Stazione D - Il campione prelevato in questa stazione è rappresentato da un riempimento costituito da silt argilloso inglobante ciottoli arrotondati. Le specie determinate sono le seguenti (Fig. 2):

Globigerina bulloides (d'Orbigny)
Globorotalia suterae Catalano e Sprovieri
Ammonia beccarii (Linné)
A. inflata (Seguenza)
A. perlucida (Heron-Allen e Earland)
Asterigerinata planorbis (d'Orbigny)
Bolivina pseudoplicata Heron-Allen e Earland
Brizalina spathulata (Williamson)
B. dilatata (Reuss)
Bulimina inflata (Seguenza)
B. marginata d'Orbigny
Cancris auriculus (Fichtel e Moll)
Cassidulina carinata Silvestri
Cassidulinoides bradyi (Norman)
Cibicides lobatulus (Walker e Jacob)
Cibicoides pachyderma (Rzehak)
Criboelphidium decipiens Costa
Eggerella bradyi (Cushman)

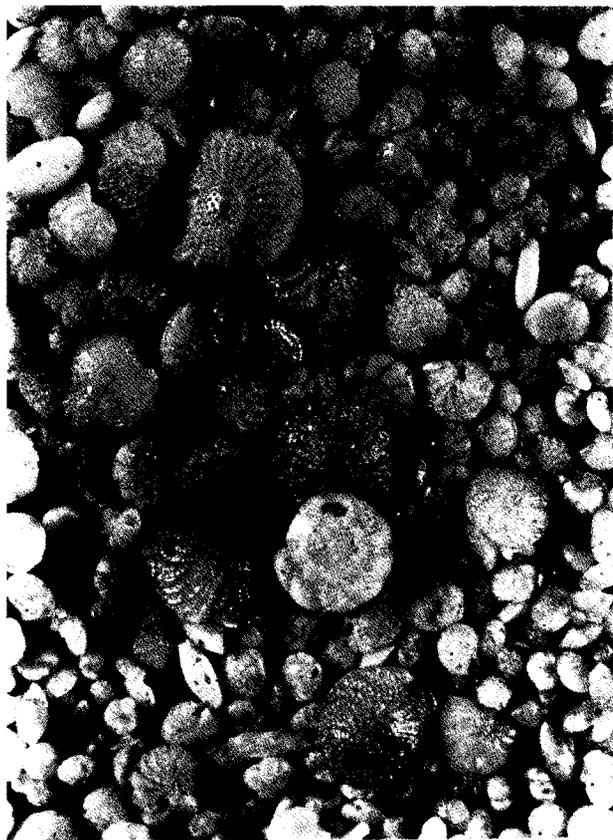


Fig. 2 - Associazione a Foraminiferi del campione D (X 30).
Foraminifers assemblage of D sample (X 30).

Elphidium aculeatum (d'Orbigny)
E. advenum (Cushman)
E. articulatum (d'Orbigny)
E. complanatum (d'Orbigny)
E. crispum (Linné)
Florilus boueanum (d'Orbigny)
Gyroidina neosoldanii Brotzen
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)
Lenticulina cultrata (Monfort)
Marginulina glabra d'Orbigny
Melonis padanum (Perconig)
Neoconorbina orbicularis (Terquem)
Planulina ariminensis (d'Orbigny)
Protelphidium granosum (d'Orbigny)
Pullenia bulloides (d'Orbigny)
Quinqueloculina seminulum (Linné)
Quinqueloculina spp.
Reussella spinulosa (Reuss)
Siphonina reticulata (Czjzek)
Sphaeroidina bulloides (d'Orbigny)
Textularia sagittula Defrance
Trifarina angulosa (Williamson)
Uvigerina peregrina Cushman
U. proboscidea Schwager

Stazione G - I campioni di questa stazione (G_1 , G_2 , G_3) sono costituiti da riempimenti di fratture. Poiché le specie presenti sono uguali

per i tre campioni si è compilato un unico elenco delle stesse, che sono:

Globigerina parabulloides Blow
G. quinqueloba Natland
G. cf. multiloba Romeo
Globorotalia ex gr. *Globorotalia scitula* (Brady)
Orbulina suturalis Bronnimann
Brizalina dentellata Tavani
B. dilatata (Reuss)
B. spathulata (Williamson)
Bulimina costata d'Orbigny
B. echinata d'Orbigny
Cassidulina carinata Silvestri
Cibicides lobatulus (Walker e Jacob)
Elphidium macellum (Fichtel e Moll)
Florilus boueanum (d'Orbigny)
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)
Hopkinsina bononiensis (Fornasini)
Miliolidae
Rectuvigerina siphogenerinoides (Lipparini)
Sigmoilinita tenuis (Czjzek)
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Stazione M - I campioni (M_1 , M_2 , M_3 , M_4 [Fig. 3]) costituiscono riempimenti stratificati, poiché le specie determinate sono le stesse per tutti i campioni prelevati si è compilato anche per questo gruppo un unico elenco. Le specie sono:

Globigerina bulloides (d'Orbigny)
G. cf. multiloba Romeo
Orbulina suturalis Bronnimann
Brizalina dentellata Tavani
B. dilatata (Reuss)
B. spathulata (Williamson)
Bulimina echinata d'Orbigny
B. inflata Seguenza
Globocassidulina subglobosa (Brady)
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)
Hopkinsina bononiensis (Fornasini)
Rectuvigerina siphogenerinoides (Lipparini)
Reussella spinulosa (Reuss)
Uvigerina peregrina Cushman
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Stazione N - Anche i campioni di questa stazione (N_1 , N_2 , N_3 , N_4 [Fig. 4]) sono risultati simili, quindi le specie determinate sono le seguenti:

Globigerina bulloides (d'Orbigny)
G. cf. multiloba Romeo
Globorotalia cf. *suterae* Catalano e Sprovieri
Brizalina dentellata Tavani
B. dilatata (Reuss)
B. spathulata (Williamson)
B. arta McFadyen
Bulimina echinata d'Orbigny

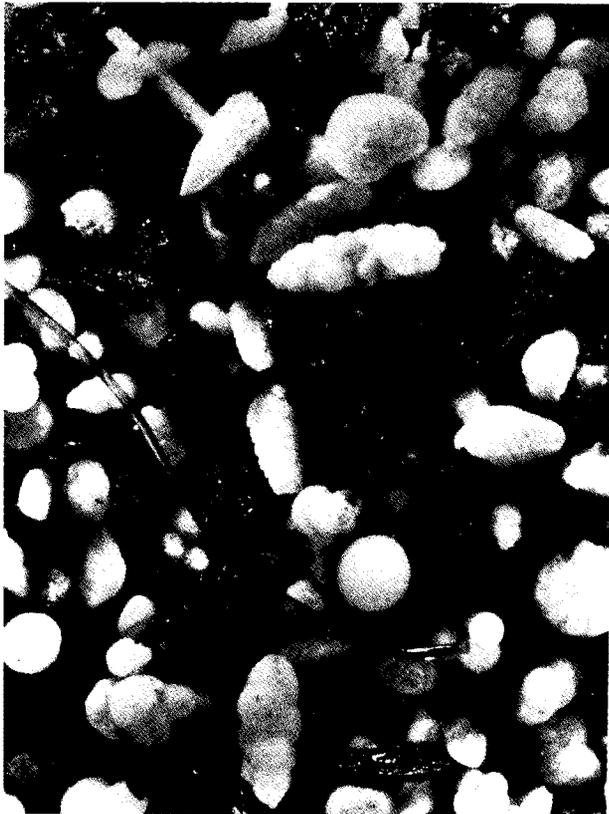


Fig. 3 - Associazione a Foraminiferi del campione M4 (X 40).
Foraminifers assemblage of M4 sample (X 40).

Florilus boueanum (d'Orbigny)
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)
Hopkinsina bononiensis (Fornasini)
Rectuvigerina siphogenerinoides (Lipparini)
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Stazione I – Prelevato un solo campione costituito da un riempimento fisico. La microfauna è assente, sono presenti frequentissimi cristalli di gesso.

Campioni P₁, P₂ – Prelevati al di fuori della Tana della Mussina, i residui sono esclusivamente rappresentati da cristalli di gesso, la microfauna è assente;

Campioni P₃, P₄ – Prelevati anche questi al di fuori della Tana della Mussina. La microfauna in entrambi i campioni è rappresentata dalle seguenti specie:

Globigerina bulloides (d'Orbigny)
G. cf. multiloba Romeo
Cibicides lobatulus (Walker e Jacob)
Cibicoides kullenbergi (Parker)
Brizalina dentellata Tavani
B. dilatata (Reuss)
B. spathulata (Williamson)
Bulimina echinata d'Orbigny
Miliolidae
Oridorsalis umbonatus (Reuss)



Fig. 4 - Associazione a Foraminiferi del campione N4 (X 40).
Foraminifers assemblage of N4 sample (X 40).

Rectuvigerina siphogenerinoides (Lipparini)
Spiroloculina canaliculata d'Orbigny
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Campione Cà Scaparra - È stato prelevato al di fuori della Tana della Mussina e le specie determinate sono le seguenti:

Globigerina bulloides (d'Orbigny)
Globigerinoides sp.
Globorotalia oscitans Todd
G. punctulata (Deshayes)
Anomalinoidea helicinus (Costa)
Bolivina pseudoplicata Heron-Allen e Earland
B. albatrossi Cushman
Brizalina dilatata (Reuss)
B. spathulata (Williamson)
Bulimina aculeata minima Tedeschi e Zanmatti
B. inflata Seguenza
Cibicoides pachyderma (Rzehak)
Globocassidulina subglobosa (Brady)
Hanzawaia boueana (d'Orbigny)
Oridorsalis umbonatus (Reuss)
Reussella spinulosa (Reuss)
Trifarina angulosa (Williamson)
Uvigerina peregrina Cushman
U. rutila Cushman e Todd
U. striatissima Perconig
Valvulineria complanata (d'Orbigny)

Per le specie più rappresentative presenti nei campioni studiati, vengono di seguito riportate informazioni relative al loro habitat:

Ammonia beccarii (Linné) - Nel Mare Adriatico, Jorissen (1988) la trova abbondante tra 15 e 20 metri di profondità, all'interno di sedimenti in cui il contenuto di materia organica ha valori intermedi (0,8-1,1 %) ed è presente una certa frazione sabbiosa.

Specie epifaunale che vive libera, ha un regime alimentare erbivoro e predilige un ambiente caratterizzato da clima temperato, preferibilmente in acque marine di bassa profondità ed a volte salmastro (MURRAY, 1991).

È molto diffusa nel Mare Mediterraneo dove è generalmente abbondante nell'intera zona infralitorale, in particolare nei primi 30 metri di profondità e per la maggior parte in fondali sabbiosi. È ritrovata anche nella zona circalitorale (SGARRELLA *et alii*, 1993).

Ammonia inflata (Seguenza) - In Adriatico si può trovare su substrati sabbiosi a profondità di circa 25 metri (CIMERMAN & LANGER, 1991). Generalmente predilige quei substrati sabbiosi in cui la materia organica non raggiunge alte concentrazioni; è possibile trovarla anche su substrati argillosi, lungo le coste italiane dell'Adriatico, tra i 20 e i 60 metri di profondità, ed in questi ambienti la materia organica può raggiungere concentrazioni rilevanti. Non essendo il substrato il fattore limitante per questa specie è la disponibilità di alcuni particolari tipi di nutrienti, che svolge l'azione di agente che controlla la sua distribuzione, in quanto *A. inflata* ne richiede alte quantità; inoltre tollera meglio di *Ammonia beccarii* le condizioni stressanti (JORISSEN, 1988).

Ammonia perlucida (Heron-Allen and Earland) - È indicata da Jorissen (1988) come specie che vive in acque piuttosto basse, dove la disponibilità di nutrienti è alta e dove il contenuto di ossigeno può anche essere limitato.

Asterigerinata planorbis (d'Orbigny) - Murray (1991) conclude che è epifaunale libera, ha dieta erbivora e vive in acque marine a salinità normale e temperate; la si ritrova fino a profondità di 100 m.

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen e Earland - Presente in sedimenti a granulometria fine, questa specie è soprattutto frequente in fondali bassi (BLANC-VERNET, 1969).

Murray (1971) afferma che vive in ambiente di piattaforma interna e la individua a profondità da 10 a 90 metri.

B. pseudoplicata è considerata specie ubiquitaria in acque attuali dell'area mediterranea (WRIGHT, 1978).

Brizalina dilatata (Reuss) - Katz and Thunnell (1984) affermano che la specie è tollerante di acque povere di ossigeno, infatti la sua abbondanza aumenta all'interno dei sapropels e in strati sapropelitici. Murray (1991) la inserisce nell'infrafauna che vive in sedimenti prevalentemente fangosi, in acque temperate o calde, in aree marine marginali e a volte anche batiali.

Brizalina spathulata (Williamson) - Specie stenoalina che vive a profondità riferibili a quelle di piattaforma (MURRAY, 1971). Viene ritrovata da Van der Zwann (1982), in associazioni poco diversificate, all'interno di ambienti scarsamente ossigenati dove si possono registrare alti valori di salinità. Jorissen (1987) conclude che la sua presenza testimonia per acque profonde e ricche di nutrienti. Appartiene all'infrafauna e le acque che la ospitano sono temperate o calde in aree marginali, e a volte anche batiali (MURRAY, 1991).

Bulimina inflata (Seguenza) - Specie che vive ad elevate profondità, spesso è messa in relazione ad abbondanti flussi di materia organica (RASMUSSEN, 1991).

Bulimina marginata d'Orbigny - Blanc-Vernet (1969), afferma che è una specie d'ambiente circalitorale e batiale, dove è abbondante ed è ben rappresentata fino a 300 metri. Si può ritrovare anche a minori profondità (40 e 50 metri).

Murray (1971) la considera specie di piattaforma, stenoalina. Jorissen (1987; 1988) analizzando campioni dall'Adriatico, nota che gli individui di questa specie presentano un alto range di variazioni ecofenotipiche, legate a variazioni ambientali come contenuto di carbonio organico derivato dalle variazioni conseguenti ad input fluviale che apporta notevoli quantità di fitoplancton e può in alcuni casi far variare il modo di vita degli organismi.

Alve (1990) fuori dalle coste inglesi, trova *B. marginata* in sedimenti di sabbie molto fini con fango e argilla; qui la salinità è relativamente costante fra il 34,25 ‰ e il 34,75 ‰ e la temperatura dell'acqua profonda è tra 5° e 10°C.

Secondo Murray (1991), nel Mare Mediterraneo, vi sono alcune associazioni di Foraminiferi bentonici, una delle quali è dominata da *B. marginata*. La zona in cui la specie è abbondantemente distribuita, ha una salinità del 37-38 ‰, una temperatura da 2° a 10°C, un substrato fangoso e una profondità da 32 a 396 metri. Le condizioni ambientali alle quali si adatta sono molto variabili e per questa ragione si trova come specie aggiunta in diverse associazioni dominate da forme bentoniche diverse.

Barmawidjaia *et alii* (1992) considerano due parametri ambientali per spiegare le fluttuazioni registrate nella composizione della popolazione di *B. marginata*: disponibilità di cibo e concentrazione di ossigeno. Il primo parametro, difficilmente può essere preso in considerazione, poiché in inverno non c'è molta disponibilità di cibo; quindi la concentrazione di ossigeno è considerata il principale fattore limitante.

Sgarrella *et alii* (1993) la trovano nella zona infralitorale ed è frequente nella zona circalitorale in fanghi batiali.

Canceris auriculus (Fichtel e Moll) - Considera da Rosset-Moulinier (1988) specie stenoterma che non predilige substrati particolari, ma che la sua presenza indica acque fredde.

E' rara nel Mare Mediterraneo e quando presente, vive a profondità variabili tra 20 e 200 metri (SGARRELLA *et alii*, 1993).

Cassidulina carinata Silvestri - E' una forma che nei mari italiani viene considerata indicatrice di clima «freddo» o «temperato freddo» (SELLI, 1954).

Van der Zwaan (1982) fa presente la tolleranza di *C. carinata* e *C. crassa*, a condizioni di stress per basso contenuto di ossigeno e/o aumentata salinità; ne riporta inoltre le elevate percentuali riscontrate nel Pliocene superiore della sezione Vrica (Calabria) in corrispondenza delle mutate condizioni ambientali del Mediterraneo; mutamento determinato dall'apporto di acque fredde superficiali, dall'aumento del rimescolamento verticale, oltre che dalla diminuita stabilità ambientale.

In Murray (1991), *Cassidulina* viene considerata facente parte dell'infauca e il substrato che la ospita è fangoso e sabbioso; la specie si ciba prevalentemente di detriti e l'ambiente marino presenta una salinità del 32-37 ‰; la temperatura dell'acqua è temperato-fredda e la profondità a cui si trova varia tra 0-180 metri e la si nota anche nella zona batiale.

Cassidulinoides bradyi (Norman) - Rosset-Moulinier (1988) afferma che è una specie stenoterma di acque fredde che vive a profondità maggiori di 100 metri. Sgarrella *et alii* (1993) in area mediterranea la indicano presente nelle zone circalitorale e batiale superiore.

Cibicides lobatulus (Walker and Jacob) - Viene indicata da molti Autori specie cosmopolita, molto frequente nel Mediterraneo con abbondanze però non molto elevate. Tollera ampi sbalzi di salinità e per questa sua adattabilità ambientale spesso vive in aree di foce, ma non sopporta condizioni ipersaline.

La frequenza di questa specie, caratterizza i fondi con coperture di vegetali essendo una forma epifita (BLANC-VERNET, 1969).

E' una specie che nel Mediterraneo fa parte dell'associazione che vive in sabbie detritiche, a profondità da 40 a 100 metri; è considerata forma di piattaforma interna, vive fissata ad alghe, rocce, tunicati ed altri substrati fissi (MURRAY, 1971; 1973); è presente prevalentemente in acque infralitorali e sui fondali detritici circalitorali (JORISSEN, 1987; JORISSEN *ET ALII*, 1991; SGARRELLA *et alii*, 1993).

Cibicidoides pachyderma (Rzehak) - In area mediterranea è una specie comune distribuita diffusamente. Wright (1978) la indica euribata e la inserisce nell'associazione che vive in ambienti epibatiali superiori.

D'Onofrio (1981), Curzi *et alii* (1984) e Capotondi *et alii* (1989) la considerano specie ben adattata ad acque fredde e ben ossigenate; la sua distribuzione è spesso messa in relazione all'abbondanza di nutrienti (JORISSEN, 1987; CARALP, 1988).

Corliss (1985) considera *C. pachyderma* epifita, mentre Rathburn & Corliss (1994), studiando le condizioni ambientali del Mare di Sulu, hanno individuato che popolazioni di individui di *C. pachyderma* giovani e adulti, mostrano patterns di distribuzione diversa all'interno del sedimento. Gli adulti vivono soprattutto in un intervallo tra 0 e 1 centimetri, mentre gli individui giovani sono stati trovati a profondità maggiori nel sedimento fra -1,5 e -6 centimetri.

Cribrorhynchium decipiens Costa - Specie presente in sedimenti d'acque relativamente basse, è tipica di zone con substrati sabbiosi e pochi nutrienti (JORISSEN, 1988).

Elgerella bradyi (Cushman) - Wright (1978) la ritrova in associazioni dalla parte inferiore dell'area epibatiale; raramente questa specie viene ritrovata nelle acque recenti del Mediterraneo.

Elphidium aculeatum (d'Orbigny) - Questa forma vive fra 20 e 100 metri di profondità, su fondali coperti da vegetazione (CIMERMANN & LANGER, 1991).

Elphidium advenum (Cushman) - Vénec-Peyré (1984) la indica vivente a profondità da 35 a 50 metri.

Secondo Jorissen (1988) in Adriatico è presente nella parte settentrionale a 25 metri di profondità lungo la costa italiana. Preferisce i fondali sabbiosi, un'ampia disponibilità di nutrienti e tollera anche ambienti con condizioni leggermente stressanti.

Elphidium articulatum (d'Orbigny) - Vive in lagune iposaline ed estuari, in sedimenti superficiali della zona intertidale su fondi sabbiosi soggetti talvolta a piccoli movimenti dovuti alle correnti d'acqua (MURRAY, 1971; cum. biblio.).

Elphidium complanatum (d'Orbigny) - Sgarrella *et alii* (1993) affermano che questa specie è molto frequente in area mediterranea nella zona infralitorale.

Elphidium crispum (Linné) - Vénec-Peyré (1984) la indica vivente ad una profondità da 5 a 50 metri in aree del Mediterraneo nord-occidentale.

Murray (1991) conclude che ha un habitat epifaunale ed una dieta erbivora. In area mediterranea è molto diffusa ed è abbondante nelle sabbie infralitorali, nelle sabbie grossolane e nelle sabbie detritiche circolitorali. E' possibile ritrovarla inoltre attaccata a rizomi e raramente su praterie di Posidonia (SGARRELLA, *et alii*, 1993).

Florilus buoceanum (d'Orbigny) - Da vari Autori (SEIGLIE, 1968; VAN DER ZWANN, 1982) è indicata specie dominante le associazioni che popolano acque ricche di nutrienti.

Hageman (1979) afferma che può tollerare leggere condizioni d'iposalinità.

Gyroidina neosoldanii Brotzen - Gli individui appartenenti a questa specie vengono ritrovati nel Mediterraneo orientale all'interno di un'associazione che domina da 700 a 2800 m circa. Appartiene all'epifauna e vive libera in substrati fangosi dove ha una dieta detritivora; le acque in cui vive hanno salinità marina normale e sono generalmente calde (MURRAY, 1991). Sgarrella *et alii* (1993) la ritrovano in Mediterraneo all'interno di associazioni che dominano le acque profonde.

Hanzawaia boueana (d'Orbigny) - Specie epifita, non risente molto delle variazioni di salinità che si possono verificare in ambiente marino, ma non sopporta condizioni di scarsa ossigenazione e per questa ragione non si rinviene all'interno di sedimenti laminati (JORISSEN, 1987).

Lenticulina cultrata (Monfort) - In area mediterranea è una specie che vive in fanghi batiali (BLANC-VERNET, 1969).

Marginulina glabra d'Orbigny - Blanc-Vernet (1969), indica che questa specie è poco frequente nelle argille batiali.

Vari Autori la ritrovano anche in aree circolitorali ed epibatiali.

Melonis padanum (Perconig) - Specie di habitat infaunali intermedi (CORLISS, 1985); infatti vive approfondita nei primi 5 cm di sedimento. Mackensen *et alii* (1985) sostiene che, il principale fattore di controllo per questa specie, è un'elevata sedimentazione di fango ar-

ricchito di materia organica. Preferisce substrati fangosi e siltosi, dove assume una dieta probabilmente detritivora; vive in acque marine normali a temperature solitamente inferiori ai 10°C a profondità di piattaforma e anche batiali (MURRAY, 1991).

Neoconorbina orbicularis (Terquem) - Murray (1991) afferma che questa specie ha habitat epifaunale, preferendo substrati duri; predilige una dieta erbivora e vive in acque temperate.

Planulina ariminensis (d'Orbigny) - E' una forma comune nelle argille batiali del Mediterraneo; appare spesso alla base dell'ambiente circolitorale (BLANC-VERNET, 1969). Jorissen (1987) in seguito a studi compiuti in Adriatico, correla la sua presenza positivamente con il fattore abiotico profondità e negativamente con la granulometria del substrato che la ospita ed il contenuto di materia organica in esso. Gli individui di questa specie hanno modo di vita epifaunale, vivendo attaccati a substrati duri; le acque in cui sono ritrovati mostrano salinità normale e possono essere calde o fredde (MURRAY, 1991). Sgarrella *et alii* (1993) la trovano ben rappresentata in Mediterraneo dalla parte più bassa della zona circolitorale fino ai fanghi epibatiali.

Protelphidium granosum (d'Orbigny) - Parker (1958) la ritrova nel Mediterraneo orientale da 51 a 211 metri di profondità.

Specie molto diffusa in Mediterraneo, abbondante generalmente nei sedimenti fini infralitorali e presente inoltre nei fanghi circolitorali fino a circa 100 metri (SGARRELLA *et alii*, 1993).

E' eurialina (COPPA *et alii*, 1992).

Pullenia bulloides (d'Orbigny) - Blanc-Vernet (1969), individua la presenza della specie nel Mediterraneo orientale al di sotto di -200 metri.

Viene notata nella zona batiale del Mediterraneo attuale e utilizzata con precauzione come indicatore batimetrico (WRIGHT, 1978).

Quinqueloculina seminulum (Linné) - Blanc-Vernet (1969), include questa specie nell'associazione che vive in ambienti della zona infralitorale.

Forma di piattaforma interna, viene considerata stenoalina (MURRAY, 1971).

Jorissen (1988) conclude che l'associazione a *Quinqueloculina seminulum* in Adriatico, è presente dai 5 metri di profondità diventando abbondante intorno ai 32 metri circa.

E' comune e di solito abbondante oltre che nella zona infralitorale anche in quella circolitorale (SGARRELLA, *et alii*, 1993).

Quinqueloculina spp. - le specie appartenenti a questo genere sono poco tolleranti a condizioni di scarso contenuto di ossigeno, ma in condizioni marine normali presentano un'elevata competitività.

Hanno habitat epifaunali, possono vivere libere o attaccate a piante o granuli di sedimento; *Quinqueloculina* è erbivora, può vivere in acque con salinità normale o ipersaline e le acque che le ospitano possono essere sia fredde, sia calde (MURRAY, 1991).

Reussella spinulosa (Reuss) - Jorissen (1987; 1988) afferma che la specie in Adriatico, ha un modo di vita epifitico, predilige substrati sabbiosi con debole contenuto d'argilla e con presenza di coperture di vegetazione; è sovente ritrovata nella zona infralitorale da 15 metri fino ad un massimo di 30 metri di profondità.

Nel Mediterraneo, dove presenta ampia diffusione areale, si trova principalmente nelle zone infralitorale e circalitorale superiore, in fanghi e sabbie fini fra 30 e 60 metri di profondità (SGARRELLA, *et alii*, 1993).

Siphonina reticulata (Czjzek) - Forma indicatrice di stabilità ambientale se si prendono in considerazione i fattori abiotici come salinità, contenuto di nutrienti e contenuto di ossigeno. Generalmente viene ritrovata a profondità da 100 a 1000 m (SPROVIERI, *et alii*, 1982). Per Bizon *et alii* (1984) ben si adatta a fondi ricoperti di praterie vegetali, soprattutto di Posidonie.

Colalongo *et alii* (1990) individuano con alte percentuali in un'associazione che vive tra 500 e 1200 m in acque ben ossigenate del Tirreno. Mostra ampia distribuzione batimetrica e si rinviene in zone da infralitorale a batiale.

Sphaeroidina bulloides (d'Orbigny) - Studi compiuti da Parker (1958) nella regione orientale del Mediterraneo, hanno portato al ritrovamento di *S. bulloides* a profondità da 75 a 1275 metri.

Bizon *et alii* (1984) la trovano ben rappresentata in argille circalitorali e batiali.

Nel mare Adriatico, Jorissen (1987; JORISSEN *et alii*, 1991) afferma che la sua presenza è legata alla presenza di carbonio organico. La sua distribuzione batimetrica può variare e si trova da 150 a 700 metri di profondità in acque che possono essere leggermente sotto-ossigenate nel Tirreno (COLALONGO *et alii*, 1990; LINKE *et alii*, 1993) la considerano una specie altamente adattabile e quindi con una buona capacità di assumere un habitat epifaunale e infaunale poco approfondito, a seconda delle disponibilità di cibo e/o del cambiamento delle condizioni ambientali.

Textularia sagittula DeFrance - Specie con ampia diffusione areale. S'incontra qualche esemplare in fondi a vegetali da 10-15 metri di profondità. E' presente nelle argille costiere e batiali, ma è soprattutto abbondante nei sedimenti con tessitura grossolana (BLANC-VERNET, 1969).

Murray (1991) indica che questa specie ha habitat epifaunale, preferendo substrati duri e sabbiosi; detritivora come dieta, vive in acque da temperate a fredde.

Trifarina angulosa (Williamson) - Van der Zwaan (1982) afferma che tollera bassi contenuti di ossigeno e elevata salinità; sembra inoltre che la sua presenza possa essere messa in relazione a notevole quantità di materiale organico nel sedimento.

Nell'Adriatico settentrionale, Sgarrella *et alii* (1993) la ritrovano nella zona infralitorale. Nel Mare Mediterraneo risulta piuttosto rara nella zona infralitorale, è presente nella circalitorale diventando frequente nella zona batiale.

Uvigerina peregrina Cushman - Murray (1971) conclude che *U. peregrina* è una specie di piattaforma esterna.

Secondo Boersma (1984), *U. peregrina* è una forma fredda profonda.

Lutze (1986) fa notare che la temperatura ottimale in cui *U. peregrina* vive, varia tra 3,2° e 6°C. Alcuni studi riguardanti la specie, hanno mostrato picchi legati ad acque profonde ed a bassa temperatura; queste condizioni si originano durante i periodi glaciali e sono in relazione a variazioni di circolazione delle masse d'acqua (STREETER, 1973).

La sua presenza è messa in relazione a bassi contenuti di ossigeno (LOHMANN, 1978; CARALP, 1988; CAPOTONDI *et alii*, 1989) e ad elevate quantità di carbonio organico (LUTZE *et alii*, 1984) e quindi può essere indicatrice di aree molto produttive o a periodi in cui si è registrato un incremento della fertilità (LUTZE, 1986) che influisce sul contenuto di materia organica nel sedimento (ZAHN *et alii*, 1986).

La profondità alla quale vive la specie, oscilla tra 150 e 2500 metri (LUTZE, 1986) mentre secondo Haywich *et alii* (1991) e Brunne *et alii* (1992), possono essere raggiunti anche i 3000 metri.

L'habitat degli individui appartenenti a questa specie sono limitati a micro-ambienti infaunali poco profondi quando l'ossigeno delle acque profonde è scarso (LOUBERE *et alii*, 1995).

Uvigerina proboscidea Schwager - Gli individui appartenenti a questa specie hanno un habitat infaunale superficiale e si approfondiscono nei primi 2 cm di sedimento, prediligendo

i sedimenti fangosi (MURRAY, 1991; RATHBURN *et alii*, 1994).

Uvigerinidi - In molte regioni gli Uvigerinidi sono specie dominanti a profondità definite come intermedie (STREETER *et alii*, 1979; LOHMANN, 1978) e questo ha suggerito che esiste una relazione tra la presenza di queste specie e lo scarso contenuto di ossigeno delle acque profonde (PFLUM *et alii*, 1976; LOHMANN, 1978; CORLISS, 1979; SCHNITKER, 1979; STREETER *et alii*, 1979). Miller *et alii*, (1982) lungo il margine orientale dell'America del nord non trovano la stessa correlazione nei loro studi sulle stesse specie. Infatti, questi Autori trovano alta abbondanza di Uvigerinidi associati a sedimenti a granulometria fine, sedimenti ricchi di carbonio organico e concludono che la disponibilità di cibo è il primario fattore di controllo della distribuzione e abbondanza di *Uvigerina* spp..

Corliss and Emerson (1990) hanno suggerito che la penetrazione in profondità di O₂ e il contenuto di ossigeno disciolto nell'acqua interstiziale sono i fattori limitanti per gli habitat infaunali delle Uvigerine, che insieme alle Bolivine e alle Lenticuline occupano habitat infaunale poco profondo.

Conclusioni

I campioni prelevati all'interno della Tana della Mussina di Borzano e studiati da un punto di vista microfaunistico, hanno messo in evidenza la presenza di Foraminiferi planctonici rarissimi e bentonici più frequenti, ma in cattivo stato di conservazione. Nonostante ciò si possono fare deduzioni cronostratigrafiche e paleoambientali.

I campioni del gruppo C prelevati in interstrati pelitici alternati a livelli di gesso, hanno fornito risultati diversi infatti C₁ e C₃ sono risultati sterili mentre C₂ è caratterizzato dalla presenza di rari Foraminiferi ma significativi in senso cronostratigrafico. Per la presenza di *Bulimina echinata* il campione appartiene al Messiniano inferiore.

I campioni delle stazioni G, M, ed N, costituiti da riempimenti di frattura hanno messo in evidenza associazioni a Foraminiferi maggiormente diversificate. Fra i Foraminiferi planctonici sono presenti *Orbulina suturalis* e *Globigerina* cf. *multiloba*. I Foraminiferi bentonici sono più frequenti e sono rappresentati da *Brizalina dentellata*, *B. spathulata*, *Bulimina echinata*, *Rectuvigerina siphogenerinoides* che in-

dicano un'appartenenza al Messiniano basale (zona a *Bulimina echinata* di COLALONGO *et alii*, 1979).

L'associazione del campione D (Fig. 2) si discosta dalle associazioni degli altri campioni per non avere specie indicative in senso cronostratigrafico, ma da un punto di vista paleoambientale le specie bentoniche presenti sono attualmente distribuite nella zona infralitorale per cui si può supporre che l'ambiente di deposizione fosse di mare basso.

La microfauna è assente nei campioni I, P₁ e P₂ prelevati fuori dalla Tana della Mussina nelle formazioni geologiche circostanti; i residui sono costituiti o esclusivamente o quasi da cristalli di gesso. Nei campioni P₃ e P₄ anche questi prelevati fuori dalla Tana, i Foraminiferi planctonici molto rari sono rappresentati da *Globigerina bulloides* e *G. cf. multiloba*. Tra i Foraminiferi bentonici si nota la presenza di *Brizalina dentellata*, *B. dilatata* e *B. spathulata*, *Bulimina echinata* e *Rectuvigerina siphogenerinoides*. L'associazione fa appartenere anche questi campioni alla zona *Bulimina echinata* (COLALONGO *et alii*, 1979)

Nel campione Cà Scaparra prelevato anche questo fuori dalla grotta della Tana della Mussina, la microfauna è abbastanza ricca e diversificata. Le specie presenti *Globorotalia punctulata*, *Anomalinoidea helycinus*, *Bulimina aculeata minima*, *Uvigerina rutila*, depongono per un'appartenenza del campione al Pliocene inferiore (zona a *Globorotalia punctulata* di COLALONGO *et alii*, 1982).

Dai risultati ottenuti si può affermare quindi che essendo le associazioni microfaunistiche dei gruppi C, G, M ed N simili fra loro, il bacino di alimentazione della Tana della Mussina è interessato solo da sedimenti del Messiniano.

L'associazione del campione D (Fig. 2), si differenzia dalle altre studiate per la frequenza di forme litorali non significative in senso cronostratigrafico, ma che indicano un ambiente di deposizione di bassa profondità.

Ringraziamenti

L'Autore desidera ringraziare la prof. Sara D'Onofrio per la revisione critica del manoscritto, il prof. Antonio Rossi per le utili discussioni ed infine il prof. Paolo Forti che ha dato la possibilità di realizzare questa ricerca.

Si ringraziano inoltre Remo Gamberini per l'assistenza tecnica, Paolo Ferrieri per il lavoro fotografico e Patrizia Ferraresi per l'elaborazione grafica.

Bibliografia

- ALVE E., 1990 - Variations in estuarine foraminiferal biofacies with diminishing oxygen conditions in Drammensjord, SE Norway. Hembleben *et alii* (eds), *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*, pp. 661-694. Kluwer Academic Publisher.
- BARMAWIDJAJA D.M., JORISSEN F.J., PUSKARIC S. & VAN DER ZWAAN G.J., 1992 - Microhabitat selection by benthic foraminifera in the Northern Adriatic Sea. *Journal of foraminiferal Research*, vol. 22, n.4, pp.297-317.
- BIZON G. & BIZON J.J., 1984 - Ecologie des foraminifères en Méditerranée nord-occidentale. R. Les Foraminifères des sédiments profonds. In *Ecologie des microorganismes en Méditerranée occidentale*. "Ecomed", AFTP, Paris, pp. 104-139.
- BLANC-VERNET L., 1969 - Contribution à l'étude du foraminifères de Méditerranée. Extrait du recueil des travaux de la station marine d'Endoume (1964-1968), pp. 281.
- BOERSMA A., 1984 - Pliocene planktonic and benthic foraminifers from the south-eastern Atlantic Angola margin: Leg 75, Site 532, Deep Sea Drilling Project. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. 74, pp. 657-669.
- BRUNNE C.L. & CULVERT S.J., 1992 - Quaternary foraminifera from the Walls of Wilmington, South Wilmington, and North Heyes Canyons, U.S. East Coast: Implications for continental slope and rise evolution. *Palaios*, vol. 7, pp. 34-66.
- CAPOTONDI L., BORSETTI A.M., VERGNAUD GRAZZIN C. & D'ONOFRIO S., 1989 - Biostratigrafia e stratigrafia isotopica della carota AC 85-4: considerazioni sulla paleoceanografia tardo-quadernaria del Mar Tirreno orientale. *Giornale di Geologia*, ser. 3^a, vol. 51, n. 1, pp. 201-212.
- CARALP M.H., 1988 - Late Glacial to Recent deep-sea benthic foraminifera from the North eastern Atlantic (Cadiz Gulf) and Western Mediterranean (Alborean Sea); Paleocceanographic results. *Marine Micropaleontology*, vol. 13, pp. 265-289.
- CIMERMANN F. & LANGER M. R., 1991 - Mediterranean Foraminifera. *Academia scientiarum et artium Slovenica*. Ljubljana. 118 pp., 93 pls.
- COLALONGO M.L., DI GRANDE A., D'ONOFRIO S., GIANNELLI L., IACCARINO S., MAZZEI R., ROMEO M. & SALVATORINI G., 1979 - Stratigraphy of Late Miocene Italian sections straddling the Tortonian/Messinian boundary. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, vol. 18, n. 2, pp. 258-302.
- COLALONGO M.L., DONDI L., D'ONOFRIO S. & IACCARINO S., 1982 - Schema biostratigrafico a Foraminiferi per il Pliocene e il basso Pleistocene dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana. In: G. Cremonini & F. Ricci Lucchi: *Guida alla geologia del margine appenninico-padano*, pp. 121-122, Guida Geologia Regionale S.G.I., Bologna.
- COLALONGO M.L., PASINI G., POLUZZI A. & SPROVIERI R., 1990 - Relationship between the benthic foraminifers and ostracodes in the Pliocene-Pleistocene Tyrrhenian deep-sea record (ODP leg 107, site 654). *Proceedings of ODP*, vol. 107, pp. 479-493.
- COPPA M.G., SIANI G & RUSSO B., 1992 - The Holocene Foraminiferal assemblage of the continental margin between Acropoli and Capo Palinuro (Tyrrhenian Sea, Italy). In: *Studies on Ecology and Paleocology of Benthic Communities*, *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, Spec. Vol., n. 2, pp. 67-93.
- CORLISS B.H., 1979 - Size variation in the deep-sea benthonic foraminifer *Globocassidulina subglobosa* (Brady) in the southeast Indian Ocean. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 9, n. 1, pp. 50-60.
- CORLISS B.H., 1985 - Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. *Nature*, vol. 314, pp. 435-438.
- CORLISS B.H. & EMERSON S., 1990 - Distribution of Rose Bengale stained deep-sea benthic foraminifera from the Nova Scotia continental margin and Gulf of Maine. *Deep-Sea Research*, v. 37, pp. 381-400.
- CURZI P., D'ONOFRIO S., ROVERI M. & TAVIANI M., 1984 - Core ADS 74-24: a window on the latest Quaternary history of the Adriatic Sea. *Giornale di Geologia*, ser.3^a, vol. 46, n. 2, pp. 61-77.
- D'ONOFRIO S., 1981 - I Foraminiferi bentonici della sezione Vrica (Calabria, Italia). *Giornale di Geologia* (2) XXXV, fasc.2^o, pp. 327-364.
- HAGEMAN J., 1979 - Benthic foraminiferal assemblage from Plio-Pleistocene open-bay to lagoonal sediments of the western Peloponnesis (Greece). *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, vol. 20, 108 pp.
- HAYWICH D.W. & HENDERSON R.A., 1991 - Foraminiferal paleobathymetry of Plio-Pleistocene cyclotemis sequences, Petane Group, New Zealand. *Palaios*, vol. 8, pp. 586-599.
- JORISSEN F.J., 1987 - The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, vol. 12, pp. 21-48. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam. Printed in the Netherlands.

- JORISSEN F.J., 1988 - Benthic foraminifera from the Adriatic Sea: principles of phenotypic variation. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, vol. 37, pp. 5-174.
- JORISSEN F.J., BARMAWIDJAJA D.M., PUSCARIK S. & VAN DER ZWAAN G.J., 1991 - Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology*, vol. 19, pp. 131-146.
- KATZ M.E. & THUNNEL R.C., 1984 - Benthic foraminiferal biofacies associated with middle Miocene to the early Pliocene oxygen-deficient conditions in the eastern Mediterranean. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 14, n.3, pp.187-202.
- LINKE P. & LUTZE G.F., 1993 - Microhabitat preferences of benthic foraminifera - a static concept or a dynamic adaptation to optimise food acquisition? *Marine micropaleontology*, vol. 20, pp. 215-234.
- LOHMANN G.P., 1978 - Abyssal benthic foraminifera as hydrographic indicators in the western south Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 8, 634 pp.
- LOUBERE P., MEYES P. & GARY A., 1995 - Benthic foraminiferal microhabitat selection, carbon isotope values, and association with larger animals: a test with *Uvigerina peregrina*. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 25, n.1, pp.83-95.
- LUTZE G.F., 1986 - *Uvigerina* species of the eastern North Atlantic. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, vol. 35, pp. 21-46.
- LUTZE G.F. & COULBORN W.T., 1984 - Recent benthic foraminifera from the continental margin of Northwest Africa: community structure and distribution. *Marine Micropaleontology*, vol. 8, n. 5, pp. 361-401.
- MACKENSEN, A., SEJRUP H.P. & JANSEN E., 1985 - The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise off Norway. *Marine micropaleontology*, vol. 41, n. 2, pp. 342-358.
- MILLER K.G. & LOHMANN G.P., 1982 - Environmental distribution of benthic foraminifera on the northeast United States continental margin. *Geological Society of American Bulletin*, v. 93, pp.200-206.
- MURRAY J.W., 1971 - *An Atlas of British Recent Foraminiferids*. 244 pp. Heinemann Education Books.
- MURRAY J.W., 1973 - *Distribution and Ecology of Living Foraminiferids*. 274 pp. Heinemann Education Books.
- MURRAY J.W., 1991 - *Ecology and Paleoecology of Benthic Foraminifera*. 397 pp. Longman Scientific and Technical.
- PARKER F.L., 1958 - Eastern Mediterranean Foraminifera. *Swedish Deep-Sea Exploration, Rept.*, vol. VIII, n. 4, pp. 219-283.
- RATHBURN A.E. & CORLISS B.H., 1994 - The ecology of living (stained) deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography*, vol. 9, n. 1, pp. 87-150.
- ROSSET-MOULINIER M., 1988 - Comparaison de la ripartition des Foraminifères benthiques sur un plateau continental at dans une mer épicontinentale en climat tempere. *Revue de Paléobiologie*, vol. spec. 2, Benthos '86, pp. 879-884.
- SCHNITKER D., 1979 - The deep-water of the Western North Atlantic during the post 24,000 years, and the re-initiation of the western boundary undercurrent. *Marine Micropaleontology*, vol. 4, pp. 265-280.
- SEIGLE G.A., 1968 - Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and polluted waters. *AAPG Bulletin*, vol. 52, pp. 265-280.
- SELLI R., 1954 - La limite Plio-Pléistocène dans les environs d'Ancona (Marche). *C.R. 19th International Geological Congress, Algeri 1952*, vol. 15, pp. 241-247.
- SGARRELLA F. & MONCHARMONT ZEI M., 1993 - Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematic and autoecology. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, vol. 32, n. 2, pp. 145-264.
- SPROVIERI R. & BARONE G., 1982 - I Foraminiferi bentonici nella sezione pliocenica di Punta Piccola (Agrigento, Sicilia). *Geologia Romana*, vol. 21, pp. 677-686.
- STREETER S.S., 1973 - Bottom water and benthonic foraminiferal in the North Atlantic-Glacial-Interglacial contrast. *Quaternary Research*, vol. 3, pp. 131-141.
- STREETER S.S. & SHACKETON N.J., 1979 - Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150,000-year record of benthic foraminifera and oxygen-18. *Science*, vol. 203, pp. 168-171.
- RASMUSSEN T., 1991 - Benthonic and planktonic foraminifera in relation to the Early Holocene stagnation in the Ionian Basin, Central Mediterranean. *Boreas*, vol. 20, pp. 357-376.
- RATHBURN A.E. & CORLISS B.H., 1994 - The ecology of living (stained) deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography*, vol. 9, n. 1, pp. 87-150.
- VAN DER ZWAAN G.J., 1982 - Paleoecology of Late Miocene Mediterranean foraminifera. *Utrecht Micropaleontological Bulletin*, vol. 25, pp. 45-163.
- VÉNEC-PEYRÉ M.T., 1984 - Ecologie des Foraminifères en Méditerranée nord-occidentale. In *Eco-*

- logie des microorganismes en Méditerranée occidentale. "Ecomed", AFTP, Paris, pp. 60-80.
- WRIGHT R., 1978 - Neogene paleobathymetry of the Mediterranean based on benthic foraminifers from DSDP LEG 42A. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, vol. XLII, pp. 837-853.
- ZAHN R., WINN K. & SARNTHEIN M., 1986 - Benthic foraminiferal $d^{13}C$ and accumulation rates of organic carbon: *Uvigerina peregrina* group and *Cibicidoides wellestorfi*. *Paleoceanography*, vol. 1, n.1, pp. 27-42.

