

**PATINE DI MANGANESE IN GROTTA:
POSSIBILI ORIGINI E SIGNIFICATO SPELEOCRONOLOGICO
(Osservazioni in grotte della provincia di Como)**

RIASSUNTO

In alcune cavità sono presenti patine nere di ossidi di manganese. Abbiamo particolarmente esaminato la situazione di tre cavità comasche studiando la distribuzione delle patine, la loro composizione e la loro probabile origine.

Tutte le cavità esaminate hanno nel loro bacino di assorbimento ampi pianori in cui, in particolari condizioni, durante il Quaternario si è avuto prima un accumulo di ferro e manganese nel suolo e poi la mobilitazione del manganese e del ferro. Gli ioni in soluzione sono poi penetrati nei sistemi carsici depositandosi per variazioni di pH.

Un'analisi paleogeografica del territorio e della distribuzione delle patine mostra che in due cavità il fenomeno è avvenuto nell'interglaciale Riss-Würm. Nella terza invece, in base ai manufatti umani trovati, la deposizione è da ritenersi post-Würmiana.

L'eventuale conferma in altre regioni, del meccanismo da noi proposto, consentirebbe di utilizzare la patina come indice paleogeografico e speleocronologico.

ABSTRACT

In some caves black coating can be observed. They lie on everything in the caves (like walls, floor, roofs, stones etc.). We have examined three caves which have plenty of these coating from the points of view of their displacement in the caves, their chemical composition and the general geomorphology of the cave. The chemical analysis shows the presence of manganic and ferric together with aluminium and silicon oxides and idroxides.

The absorption basins of all the examined caves comprise wide tablelands where, during the Quaternary there was, under caertain conditions, first the accumulation of manganese and iron (in the soils the two are normally associated both in biological and inorganic environments); then, changed the chemio-physical environment, the two elements were mobilized, carried from the water in the caves and there precipitated from the new environment as black coatings.

The analysis correlating the palaeogeography of the territories and the black coatings in the caves shows that in two of the studied caves the coatings have deposited in the Riss-Wurm interglacial period; in the third cave the coatings have deposited after the Wurm glacial period, according to the association of the coating with human manufactured goods.

Confirmations to our mechanism from studies in other regions will allow the use of the black coatings as palaeogeographic and speleochronological index.

Alcune grotte del Comasco presentano le pareti coperte da una patina nera. Il fatto che solo alcune cavità o solo alcune parti delle stesse presentino tale fenomeno, ci ha indotto a studiare più a fondo la natura e l'origine di tale patina.

(*) Gruppo Grotte Milano SEM CAI.

Ringraziamo gli amici del GGM che ci hanno aiutato in questo lavoro: Giulio Cappa, Micaela Cavalli Gori, e Alberto Pellegrini.

I - LOCALIZZAZIONE E DISTRIBUZIONE DELLA PATINA NERA

Nel Comasco principalmente tre cavità presentano patine nere sulle pareti: la Grotta Masera 2213 Lo; il Buco del Piombo 2208 Lo; il complesso carsico di Zelbio: Grotta Zelbio 2037 Lo - Grotta Tacchi 2029 Lo.

Due sono le caratteristiche comuni alle tre cavità:

- tutte hanno come zona principale di assorbimento dei pianori:
Complesso carsico di Zelbio = Pian del Tivano (fig. 1);
Grotta Masera = Piani di Nesso (fig. 1);
Buco del Piombo = Alpe del Vicerè (fig. 2);
- tutte hanno piani di scorrimento suborizzontali con alcuni rami in risalita, come si può osservare dai rilievi (fig. 3, 4, 5).

A) — Nella Grotta Masera (fig. 3) la patina è presente lungo tutto l'asse della cavità. Dal punto 6 al punto 8 la patina è fortemente erosa sia sulle pareti sia sul soffitto: ne restano poche tracce qua e là.

Sopra lo scivolo, al punto 6, la patina diviene più abbondante man mano che si procede verso l'uscita (punto 1). Prima del Lago (punto 5) presenta ancora segni di erosione e ricopre in parte alcune concrezioni e crostoni anch'essi erosi; altrove ricopre l'argilla delle pareti.

Dopo il lago la patina aumenta sino a divenire continua.

Alcuni ciottoli (\varnothing max 15 cm) cementati in parete e alcuni massi di crollo sono coperti dalla patina.

L'ineguale distribuzione sotto e sopra lo scivolo è semplicemente da mettere in correlazione con la velocità e la vorticosità dell'acqua che nei periodi di piena allaga tutta la cavità fuoriuscendo dall'ingresso.

B) — Per quanto riguarda il complesso carsico di Zelbio (fig. 4) divideremo la descrizione, per comodità, in due parti.

Nelle gallerie della parte bassa della Grotta Zelbio 2037 Lo (20-21-23-25-26-30) la patina nera ricopre tutte le pareti, la volta, i massi di crollo e alcuni depositi ciottolosi anche in sale di notevoli dimensioni (21, 26, 28) (Foto 1); è talora assente in certe zone, dove però sembra essere stata erosa. Sotto la patina è sempre presente argilla di deposito o più frequentemente di sostituzione. Tra l'argilla e la patina sono presenti, anche se a volte non ben visibili, una patina bianca e una rossa.

In alcuni punti la patina è a sua volta coperta da argilla di deposito. Normalmente si osserva la seguente stratigrafia:

- 1 - patina nera (in superficie),
- 2 - patina rossastra,
- 3 - patina bianca,
- 4 - argilla giallastra,
- 5 - argilla grigiastra,
- 6 - roccia.

Spesso però non tutti gli strati sono identificabili. La patina continua più o meno erosa o coperta di argilla sino al punto 42. In seguito diviene molto rara,

più rossastra (ne rimangono scarsi frammenti), ed è associata a zone con grande presenza di argilla di sostituzione.

Nella Grotta Tacchi (2029 Lo), invece, nelle gallerie oltre il sifone a monte (16), non riportate sul rilievo ed esplorate nel periodo di eccezionale secca dell'estate 1976, la patina si trova ovunque e ricopre anche i sedimenti, ma non le concrezioni.

La patina continua poi lungo l'asse della galleria bassa (15-14-11-10-9-8-17-19); è assente solo nella parte inferiore delle gallerie per evidente erosione. Al bivio col ramo del punto 12 copre un crostone di calcite, stalattiti e ciottoli mentre è coperta in parte da altro crostone più recente.

E' interessante osservare che in parete, sopra il crostone recente, si trovano resti di un riempimento ciottoloso, incrostato in parete e ricoperto dalla patina stessa; si può perciò stabilire la seguente successione temporale:

- I - riempimento ciottoloso,
- II - crostone concrezionale,
- III - forte erosione (rimangono solo resti laterali dei depositi precedenti),
- IV - deposizione della patina,
- V - nuova fase concrezionale.

Sopra lo scivolo al punto 6 la patina è coperta da argilla di deposito. La patina si riscontra ancora sino al passaggio aereo (3), più rossastra e scarsa, a piccole zolle. Oltre a questo punto non è più presente; le fasce e le zone nere che si incontrano sono dovute alla roccia (calcere grigio selcifero) in questo tratto molto più scura che nel resto della cavità. E' in questa zona che è stato prelevato il campione di roccia analizzato.

C) — Nel Buco del Piombo (2208 Lo) tutte le pareti sono scure; essendo una cavità turistica in cui i visitatori entrano muniti di torce a vento era difficile distinguere a vista patine nere di deposito dal nerofumo.

Patine di deposito sono presenti nel ramo laterale (3) prima del Banco degli Orsi (4). Il Banco degli Orsi è costituito da sedimenti disposti in strati. Alla base sono presenti ossa di *Ursus spelaeus* fluitate e, miste nel sedimento, selci lavorate del Musteriano (De Minerbi 1973); alcuni strati sono neri ed un è azzurro.

Ritenendo che gli strati neri fossero simili alle patine abbiamo raccolto alcuni campioni per le analisi.

II - ANALISI DELLA PATINA E PROBABILE ORIGINE

Abbiamo quindi eseguito una serie di analisi su campioni di patina raccolti nelle tre cavità.

Dato che è impossibile raccogliere campioni formati da una sola patina, per la sottigliezza degli strati, è impossibile eseguire analisi quantitative; ci siamo perciò limitati ad analisi qualitative.

Non abbiamo eseguito analisi mineralogiche poichè in questo lavoro non è interessante il tipo di minerale presente, ma solo gli ioni.

Tutte le analisi hanno mostrato la presenza più o meno abbondante di manganese e di ferro e talora alluminio e silice (però non sempre ricercati).

n. camp.	LOCALITA	MANGANESE	FERRO	ALTRI (quando ricercati)
Grotta Masera 2213 Lo				
1	Sifone (7)	presente	abbondante	
2	Lago (5)	abbondante	abbondante	
Grotta Zelbio 2037 Lo				
3	Sala Cappa (21)	abbondante	abbondante	
4	» » »	»	»	silice + alluminio
5	» » »	»	»	» »
6	Pozzo (37)	»	»	
7	Sala Tortona (26)	»	»	
8	» » »	»	»	alluminio
9	Toboga (42)	presente	abbondante	alluminio
10	(43)	presente	abbondante	
Grotta Tacchi 2029 Lo				
11	Dopo lago (a monte di 10)	abbondante	abbondante	alluminio
12	Sopra scivolo (6) patina rossa	assente	abbondante	
13	Sopra scivolo (6) patina scura	tracce	presente	
Buco del Piombo 2208 Lo				
14	Galleria laterale al Banco degli Orsi (3)	tracce	presente	alluminio
15	Banco degli Orsi (4) sedim.: strato azzurro	assente	presente	
16	Banco degli Orsi (4) sedim.: strato nero	presente	presente	

Dopo le analisi il problema principale era scoprire l'origine del manganese. Le soluzioni possibili erano due: o proveniva dalla roccia o proveniva dalle acque. Eseguiamo allora l'analisi della roccia che, non contenendo manganese ci ha permesso di escludere questa possibilità.

ANALISI DELLA ROCCIA (Grotta Zelbio - Tacchi)

SiO ₂ + sostanze organiche	26 ÷ 36%
Fe ₂ O ₃	0,31 ÷ 2,8%
Al ₂ O ₃	0 ÷ 1,91%
CaO	16,5 ÷ 20,94%
MgO	1,2 ÷ 19,5%
MnO	0 ÷ tracce
CO ₂	21 ÷ 25,5%

Il Manganese era assente in nove campioni mentre era presente nel decimo, in quantità tale però da non giustificare la patina nera osservata.

Bisogna osservare che per la grotta Masera e per il Complesso Carsico di Zelbio la roccia è il calcare selcifero grigiastro del Lias inferiore (Pietra di Moltrasio), mentre per il Buco del Piombo è calcare Maiolica bianco.

Il Manganese deriva perciò da trasporto idrico e quindi dal suolo soprastante. (Non abbiamo eseguito analisi delle acque nelle cavità in esame nè nei suoli soprastanti poichè in nessun caso le condizioni idrogeologiche attuali sono in grado di spiegare i depositi sulle pareti e sui soffitti delle sale alte oltre 30 metri, dove l'acqua non può arrivare, neanche nelle piene più forti. Inoltre, dove passano le acque i depositi sono erosi, quindi quelli rimasti sono fossili.

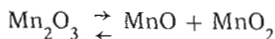
Nel suolo il manganese è utilizzato dai vegetali che lo impiegano in alcune catene enzimatiche implicate nel processo di fotosintesi; alcune specie vegetali come le conifere lo concentrano nelle foglie in quantità superiore al fabbisogno. Ad alte dosi il manganese è tossico (Odum 1971) e questa può essere la spiegazione della scarsità di fauna osservata nelle grotte in esame.

Nei suoli esiste in parecchie forme più o meno ossidate; la solubilità varia col pH e aumenta al diminuire di questo, aumenta inoltre con l'aumentare del potere riducente dell'ambiente e diminuisce se questo diventa ossidante.

Possiamo distinguere (Duchaufour 1970):

- forme scambiabili, relativamente solubili (Mn++) trattenuto dal complesso argillo-umico;
- forme insolubili, non scambiabili: si tratta degli ossidi superiori (Mn₂O₃ e MnO₂).

Mentre MnO₂ è una forma stabile di difficile riduzione, Mn₂O₃ è instabile e può disproporzionare:



quindi Mn₂O₃ può essere parzialmente solubilizzato.

In ambiente acido e riducente, la materia organica solubile complessa lo ione Mn++ e favorisce la solubilizzazione dell'Mn₂O₃. In ambiente ben drenato lo ione Mn++ è allora liscivato mentre in ambiente mal drenato (suoli idromorfi) si accumula. Nella stagione umida il manganese ridotto e solubilizzato può allora migrare concentrandosi in alcuni punti del profilo del suolo. Nella stagione secca precipita per ossidazione assieme al ferro, formando concrezioni nere ferro-manganiche. Può anche precipitare per variazioni del pH (calcare). E' bene ricordare che il manganese è sempre associato nei suoi spostamenti al ferro; quest'ultimo

però precipita sempre prima del manganese (vedi anche il profilo stratigrafico delle patine nere di Zelbio).

Resta allora da vedere come in ambiente schiettamente calcareo si possano trovare condizioni tali da rendere solubile il manganese e permetterne il trasporto in cavità.

Occorre analizzare la situazione delle grotte in esame: come abbiamo visto tutte hanno nella zona di assorbimento dei piani carsici.

Il piano del Tivano e i Piani di Nesso sono stati coperti dal ghiacciaio nel periodo Mindel mentre nel periodo Riss sono stati completamente sbarrati a valle da una morena (Pracchi 1954, Nangeroni 1970, Bini e Vanin 1974); i piani sono stati allora occupati da un lago; gli inghiottitoi (Buco della Niccolina 2204 Lo al Tivano e le doline ai piani di Nesso) sono stati colmati di argilla; nel Metalimnio di questi laghi si andava concentrando il manganese (Tonolli 1969), mentre sul fondo dei laghi si sono depositati argilla e ferro-manganese.

Dopo il Riss le morene sono state tagliate in parte e gli inghiottitoi hanno cominciato nuovamente ad inghiottire le acque che i piani, trasformati in polje, convogliavano (in pieno accordo con gli schemi di Roglic 1974 per i polje jugoslavi). L'argilla depositata nel periodo precedente però ha fatto sì che sui piani si formasse un suolo idromorfo (1) (a falda permanente o temporanea) per cui

-
- (1) Diamo ora una breve descrizione dei suoli idromorfi perchè riteniamo che siano la condizione essenziale per la presenza di concrezioni mangesifere in cavità attive (diversa potrebbe essere l'origine dei giacimenti associati alla bauxite (Perna 1975)).

I suoli idromorfi sono caratterizzati dalla presenza di acqua che satura tutti gli interstizi della maggior parte del profilo per un periodo dell'anno più o meno lungo.

Possiamo distinguere (Duchaufour 1970):

- a) falda temporanea sospesa = suoli a Pseudogley,
- b) falda stagnante semipermanente = suoli a Stagnogley,
- c) falda freatica permanente = suoli a Gley,
(oscillazioni massime 1 m)
- d) imbibizione dei pori per capillarità (senza falda) = Pelosols.

a) Pseudogley

Si forma in seno al profilo una falda temporanea per la presenza di strati impermeabili (argilla); lo scorrimento verticale dell'acqua è impedito e il deflusso si attua solo lateralmente. Sono suoli acidi. Secondo lo schema visto in precedenza, nella stagione umida (inverno, primavera) si forma la falda sospesa, l'ambiente diviene riducente e vengono solubilizzati il ferro e il manganese che migrano attraverso il profilo. Con l'estate la falda sparisce per cui l'ambiente ritorna ossidante e gli ioni precipitano sotto forma di concrezioni.

b) Stagnogley

Suolo tipico della zona alpina in cui si può talora costituire (margine delle torbiere) una falda permanente. Dato che il periodo di aerobiosi, se esiste, è molto corto, difficilmente il ferro e il manganese precipitano.

c) Gley

Suolo tipico in alcune pianure alluvionali, come presso i bracci morti dei fiumi o ai bordi degli stagni.

Sono caratterizzati da falda permanente con deboli oscillazioni, circolazione lenta e alta concentrazione di materiale organico solubile.

Esistono tutte le gamme di transizione tra i vari tipi di suoli idromorfi. Questi suoli sono caratterizzati dalla presenza di ioni Ferro ridotti che danno al profilo il colore grigio verdastro. La migrazione del ferro, al contrario che negli Pseudogley è solo ascendente.

d) Pelosols

In questi suoli la mobilizzazione è scarsissima; il ferro e il manganese restano legati al complesso assorbente e non si formano concrezioni.

in simili condizioni si ha la mobilizzazione del manganese; ancora adesso a primavera, i piani sono spesso allagati sino a livello degli inghiottitoi. Una volta mobilizzato, il manganese, insieme al ferro, è stato portato dalle acque attraverso gli inghiottitoi nei sistemi carsici dove è precipitato sia a causa del pH sia dell'ambiente diventato ossidante sia della captazione elettiva da parte dell'argilla che copre le pareti (Bini, in stampa); come abbiamo visto infatti il manganese si trova sempre sovrapposto ad uno strato di argilla. Il manganese gioca poi un ruolo importante sia nel favorire che nel ritardare a seconda degli autori (Stenner 1971), la solubilità del CaCO_3 o nel proteggere la roccia dal processo di sostituzione e quindi di argillificazione (Fénélon 1967, Monroe 1974, 1976) impedendo la captazione di altri ioni (Al, Si...) necessari per il processo stesso. Una volta sedimentato in strato continuo, saturando l'argilla, funziona da bloccante della situazione delle pareti che può essere modificata solo dall'erosione (tralasciando altri meccanismi come la migrazione degli ioni ecc.).

Per il Buco del Piombo - Alpe del Vicerè non abbiamo dati evolutivi così precisi; data però la presenza del pianoro possiamo supporre che in certe zone e in particolari situazioni passate si possa essere formato un suolo idromorfo.

III - SIGNIFICATO SPELEOCRONOLOGICO DELLA PATINA

Se in una cavità è presente un dato tipo di sedimento, la sua disposizione e le sue relazioni con gli altri sedimenti o particolari morfologici della cavità stessa, permettono deduzioni cronologiche.

In particolare, data la situazione della Grotta Masera e del Complesso Carsico di Zelbio sappiamo sicuramente che l'idromorfia nei suoli dei polje di assorbimento si è stabilita solo dopo il Riss. Dopo il prosciugamento del lago operato dalla riattivazione degli inghiottitoi si è stabilita l'idromorfia nel suolo (prima fondo del lago) che inizialmente doveva essere a falda più o meno permanente e poi via via a falda temporanea e infine, come attualmente, solo occasionale. Il processo di mobilizzazione del manganese e del ferro accumulati in quantità notevoli deve essere stato abbastanza rapido e, comunque, localizzato durante la prima fase dell'idromorfia.

Vediamo allora che il manganese in cavità è un paleosedimento e, almeno nel nostro caso, viene solo eroso e non più depositato. Tuttavia l'acqua proveniente dal Tivano o dagli altri piani può contenere ancora tracce di manganese, certo non più in concentrazioni tali da depositare patine in grotta.

Nel caso del Complesso Carsico di Zelbio abbiamo già evidenziato alcuni punti:

- 1 - la cavità non ha subito grosse modifiche da quando è stato depositato il manganese;
- 2 - il deposito di manganese segue a una fase erosiva e precede una fase concreszionale.

Da questi dati possiamo dedurre che il complesso era già perfettamente formato durante il Riss e che non si è sensibilmente evoluto da allora ad oggi. Sappiamo inoltre che dopo il Riss non vi è stata altra sedimentazione se non di argilla che, infatti, ricopre a tratti il manganese. Dalla distribuzione del manganese si possono constatare i vari livelli raggiunti dalle acque: possiamo dedurre che quando è stato deposto il manganese, per alcuni periodi l'acqua è uscita dalla

galleria di ingresso della Grotta Zelbio e non dalla galleria d'ingresso della Grotta Tacchi che, in qualche modo, doveva essere ostruita.

Nella grotta Masera la sedimentazione del manganese è coeva con quella del complesso carsico di Zelbio.

Anche in questo caso ricopre ciottoli cementati in parete, concrezioni e massi di crollo ed è coperta da concrezione al bivio col ramo ascendente (punto 3 del rilievo); in altri punti non appare coperta nè da argilla nè da concrezione. Bisogna notare che alcuni ciottoli e blocchi esotici (morenico) non sono ricoperti da manganese.

Da tutto ciò si deduce che:

- anche in Masera la deposizione segue a una fase erosiva e precede una concrezionale;
- anche la Masera aveva l'attuale morfologia quando si è sedimentato il manganese;
- essendo il deposito successivo al Riss e trovando in cavità sedimenti esotici non ricoperti da manganese si deduce che la sedimentazione del manganese è avvenuta durante il Riss-Wurm e che durante il Wurm l'unica azione del ghiacciaio è stata quella di spingere all'interno della cavità una parte della morena laterale.

Nel caso del Buco del piombo invece, la presenza di manufatti umani fluitati del Musteriano (corrispondente al Wurm 3) permette di ascrivere la deposizione del manganese ad un periodo successivo al Wurm 3 e probabilmente al Wurm 4.

Si può anche fare l'ipotesi che il manganese di alcuni strati del sedimento del Banco degli Orsi, al disopra dello strato con selci, sia stato fluitato da un altro sedimento più antico risedimentando nel Banco degli Orsi.

IV - CONCLUSIONI

L'origine da noi ipotizzata per i depositi di manganese sulle pareti delle grotte può certamente non essere l'unica. Riteniamo però che, in ogni caso, l'origine di tali depositi vada ricercata sempre in un meccanismo esterno pedologico ed abiologico di accumulo e mobilizzazione del manganese (escluso beninteso il trasporto di manganese proveniente da rocce anche non calcaree comprese nel bacino di assorbimento delle acque).

Se un tale meccanismo trovasse ulteriori conferme in altri territori, la presenza di patine nere di manganese in cavità potrebbe divenire un utile indice paleogeografico e speleocronologico, soprattutto tenendo conto del fatto che sovente i resti di antichi altopiani sono stati completamente asportati dall'erosione esterna.

BIBLIOGRAFIA

- BINI A., VANIN A., 1974: *Il carsismo profondo della Valle del Nosé (Como)*. Atti XI Congr. Naz. Spel. Genova 1972. Rass. Spel. Ital. Mem. XI: 153-169.
- BINI A.: *Introduzione teorica agli scambi ionici tra colloidi ed acqua nel suolo ed in grotta: concrezioni intradeposizionali, corrosione sottoriempimento, carso coperto*. (In stampa).

- CAPPA G., 1970: *La grotta Masera di Careno (Nesso, lago di Como) e il suo sistema idrografico*. Atti Soc. It. Sc. Nat. CX (1): 39-61.
- DE MINERBI L., 1970/73: *Dal Buco del Piombo una serie di selci del Paleolitico medio*. Riv. Archeol. Ant. Prov. e Dioc. Como 152/155: 5-23.
- DUCHAUFOUR P., 1970: *Précis de Pedologie*. Masson et C.ie Paris.
- ERASO A., 1975: *Le role des facteurs physico - chimiques dans le processus de la Karstification*. Ann. Speleol. 30 (4): 567-580.
- FÉNÉLON, 1967: *Sur l'origine des argiles de décalcification*. Mém et Doc. N. S. vol. 4 Phén. Karst. vol. I.
- MONROE W. H., 1974: *Replacement of limestone by clay*. Mém et Doc. N. S. 15, Phén. Karst. vol. II: 39-47.
- MONROE W. H., 1976: *A possible origin of clay fills in caves*. 6 Int. Congr. Spel. Olomouz vol. I.
- MOSELLO R., MANGIANTI A., 1973: *Fe, Mn, Cr ai pianalti carsici dei laghi Boden*. Lab. Ricerche Domodossola, Mem. 2. Suppl. «L'Illustrazione Ossolana»: 1-71.
- NANGERONI G., 1970: *Appunti sulla geomorfologia del Triangolo Lariano*. Atti Soc. It. Sc. Nat. 110 (2): 69-149.
- ODUM E. P., 1971: *Principi di Ecologia*. Piccin ed., 1973.
- PERNA G., 1975: *Fenomeni carsici e giacimenti minerari*. Atti Sem. Speleogenesi Varenna 1972. Le Grotte d'Italia s. 4, IV (1973): 77-158.
- PRACCHI R., 1954: *Il quaternario nel Lario occidentale*. Atti Soc. It. Sc. Nat. XCIII.
- ROGLIC J., 1974: *Les caractères spécifiques du Karst Dinarique*. Mém et Doc. N. S. vol. 15, Phén. Karst. vol. II: 270-278.
- SILVESTRI P., 1973: *Contributi per lo studio dei fenomeni carsici nella zona dei laghi Boden*. Lab. Ricerche Domodossola, Mem. 1. Suppl. a «L'Illustrazione Ossolana»: 105-112.
- STENNER R. D., 1971: *The measurement of the aggressiveness of water to calcium carbonate, parts II and III*. Trans. Cave Res. Group 13 (4): 283-296.
- TONOLLI V., 1969: *Introduzione allo studio della limnologia*. Ediz. Ist. It. Idriobiol. Pallanza.
- ZUFFARDI P., 1976: *Karsts and economic mineral deposits. Hand book of Strata-Bound and stratiform ore deposits*. Ed. Wolf. Amsterdam: 175-212.

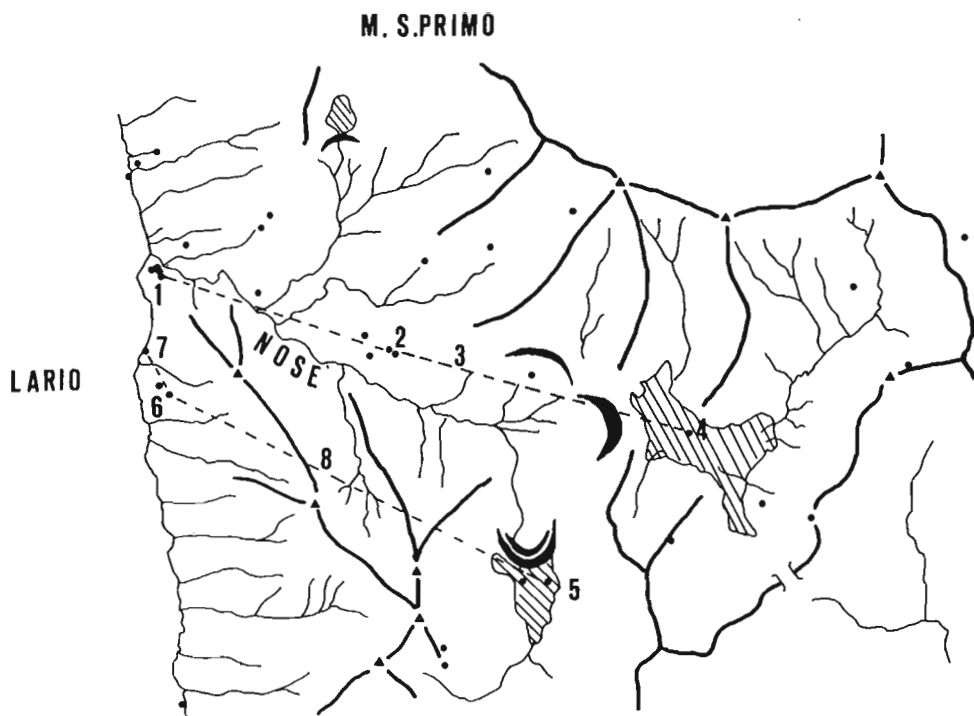


FIG. 1 — Situazione geografica ed idrologica della Valle del Nosè.
(Complesso carsico di Zelbio e Masera).

- 1 - Risorgenti del Complesso Carsico di Zelbio - Pian del Tivano.
- 2 - Complesso carsico di Zelbio.
- 3 - Percorso sotterraneo delle acque del Tivano.
- 4 - Polje del Tivano con il Buco della Niccolina (inghiottitoio).
- 5 - Piani di Nesso con le doline assorbenti.
- 6 - Grotta Masera.
- 7 - Risorgente La Frigirola.
- 8 - Percorso sotterraneo probabile delle acque dei piani di Nesso.

Gli altri pallini indicano le altre grotte e sorgenti della zona (vedi Bini, Vanin 1974); gli archetti neri rappresentano gli archi morenici principali; la superficie piana dei polje è a righe oblique.

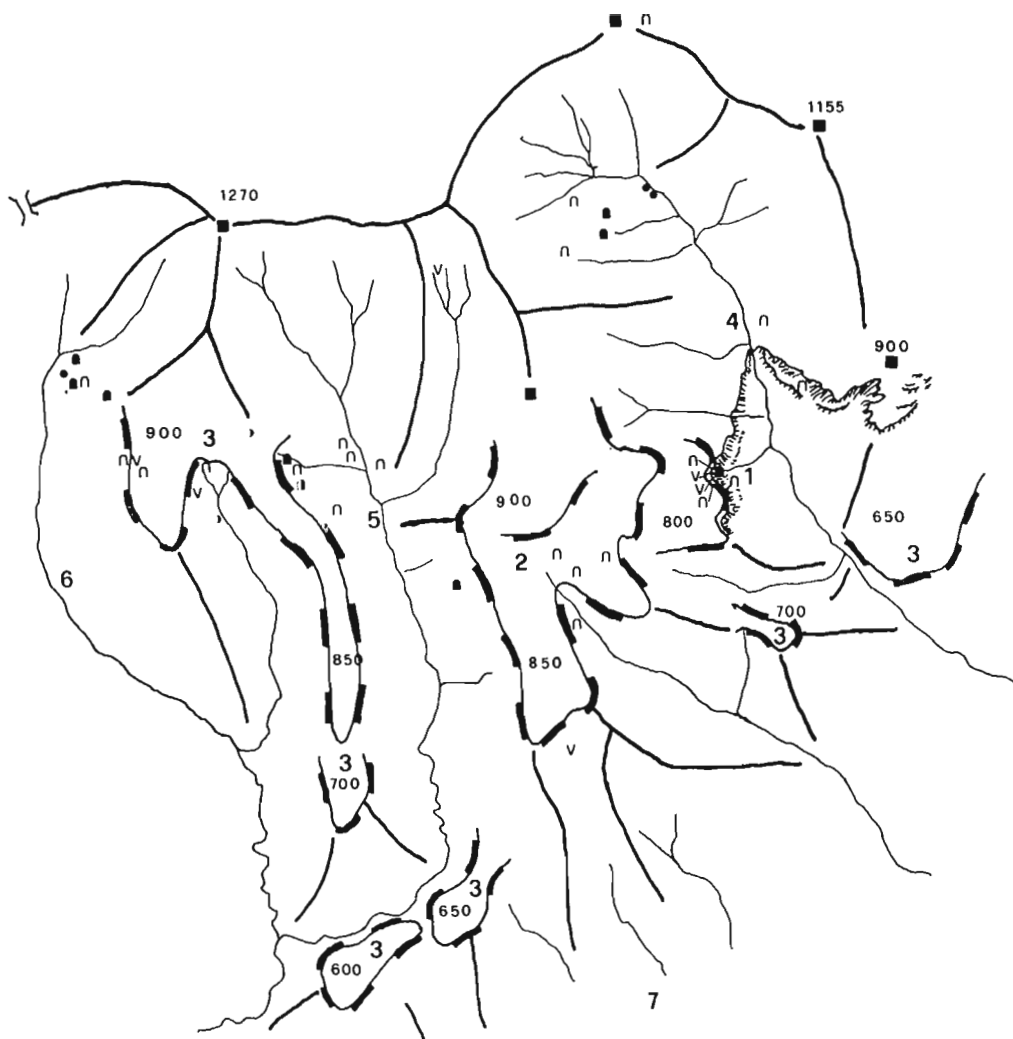
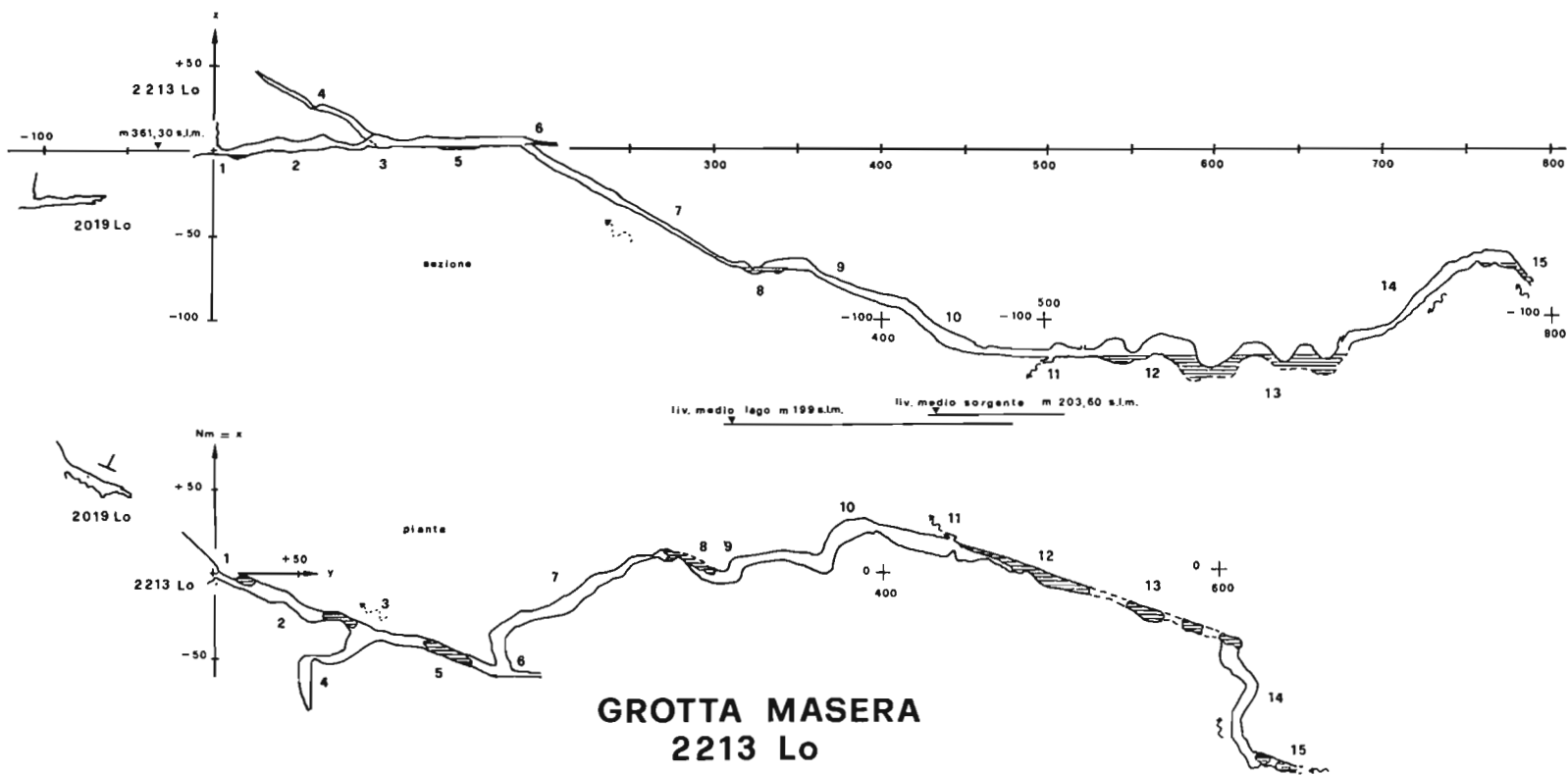


FIG. 2 — Situazione geografica della zona Buco del Piombo - Alpe del Vicerè.

- 1 - Buco del Piombo e cavità circostanti.
- 2 - Altopiano Alpe del Vicerè.
- 3 - Altri altopiani.
- 4 - Val Bova.
- 5 - Val Cosia.
- 6 - Valloni.
- 7 - Pianura (Brianza).

I quadrati indicano le cime a dosso; le linee con i tratti marcati gli orli degli altopiani; le grotte sono segnate con i simboli BRGM - UIS.



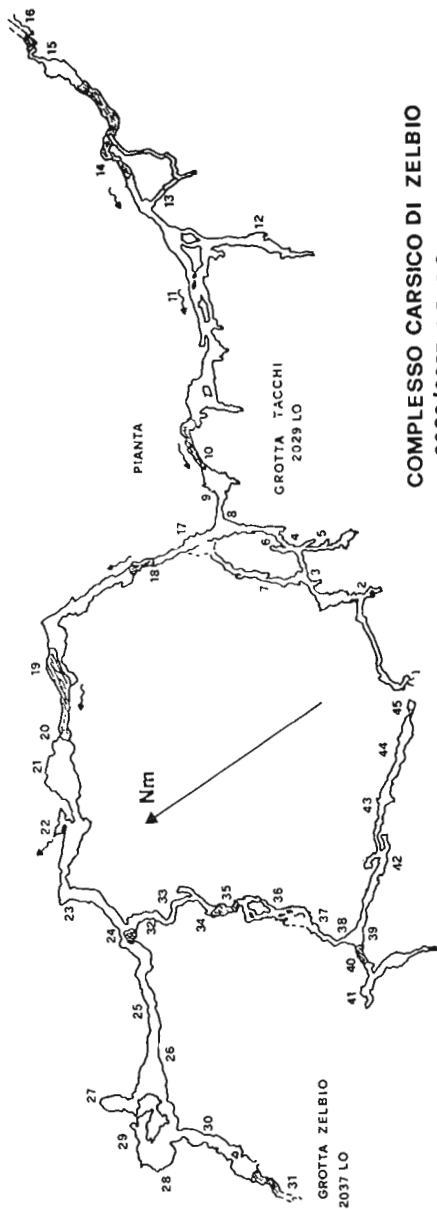
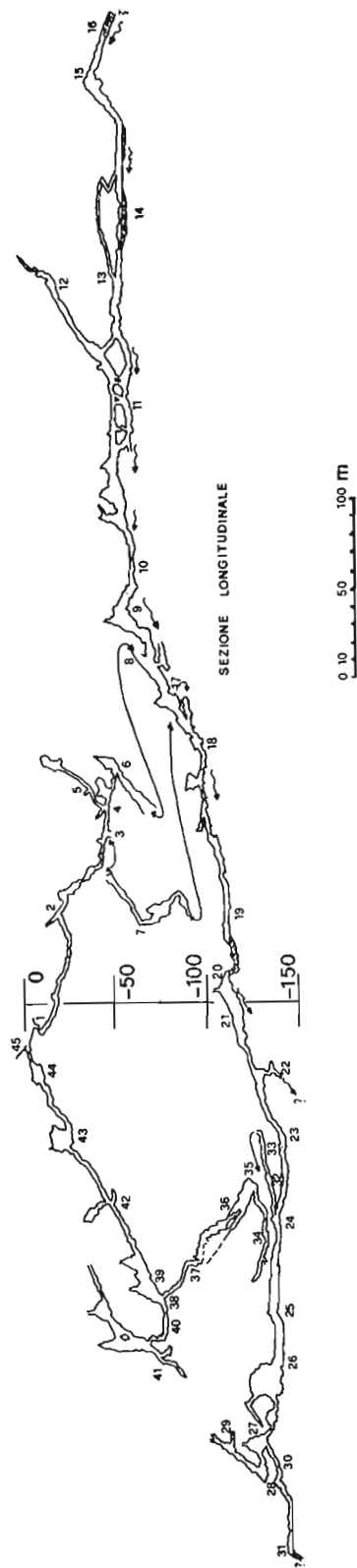
GROTTA MASERA 2213 Lo

Ril.: Pozzi 1954 ; Cappa 1967

GGM - SEM-CAI

FIG. 3 — Rilievo semplificato della grotta Masera.

Il corso d'acqua perenne proviene dal 5° sifone (15) e devia per la risorgente perenne in 11; in periodi di piena l'acqua risale riempiendo tutta la cavità giungendo, a volte, ad uscire impetuosamente dall'ingresso. L'acqua in salita sulla scivolo (7) provoca una granoclassazione dei sedimenti e forti fenomeni erosivi.



COMPLESSO CARSCO DI ZELBIO

2029/2037 LO CO

RIL.: A.Bini, R.Frontini, A.Vanin

GGM SEMCAI 1968/69/70/71

FIG. 4 — Rilievo semplificato del Complesso Carasco di Zebbio.
Il torrente proveniente dalla galleria nuova oltre il punto 16 scompare al punto 22 in
frana per riapparire poi a livello del lago alle sorgenti del Falco della Rupe.

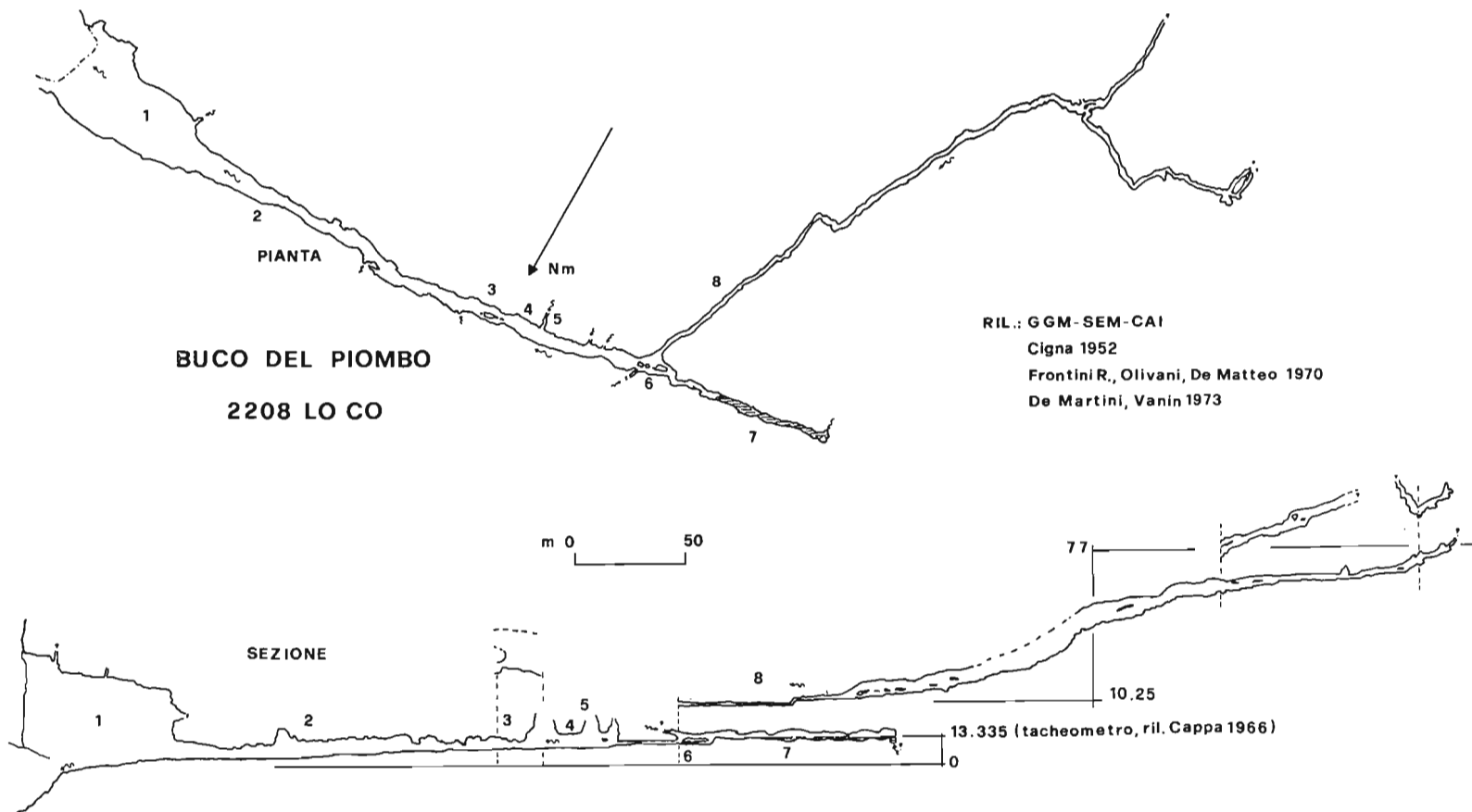


FIG. 5 — Rilievo semplificato del Buco del Piombo.
La patina è presente al Banco degli Orsi (4) e nella galleria parallela al punto 3.
Nel resto della cavità le patine presenti sono principalmente di nerofumo.

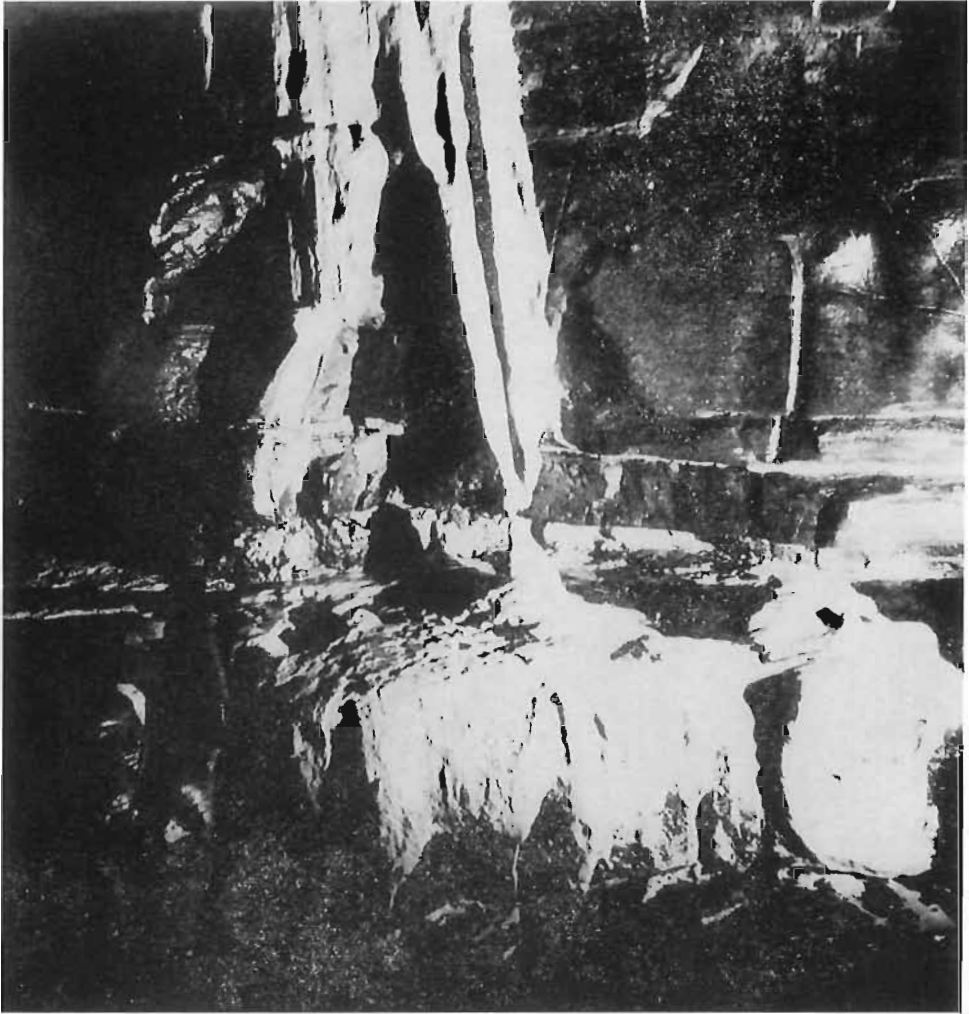


FOTO 1 — Grotta Zelbio - sala Cappa: patina nera sottostante a concrezione più giovane.
(foto Cappa)



FOTO 2 — Grotta Tacchi: massi di crollo coperti da patina nera, a sua volta coperta da concrezione e massi di crollo più recenti non coperti da patina.

(foto Cappa)