

G. PADALINO, S. PRETTI, D. TAMBURRINI, S. TOCCO, I. URAS, M. VIOLO,
P. ZUFFARDI

CARSISMI E MINERALIZZAZIONI

SUMMARY. — Economic karst concentrations of Bauxite, of Iron, Lead, Zinc ores, of Barite, of Fluorite were investigated in Sardinia, in addition to the known strata-bound and vein-type deposits of this major mining district. Three main periods of karst development and ore accumulation are recognizable: a first one of Cambro-Ordovician, a second one of post-Hercynian, and a last one of Alpine-post-Alpine age. Reworking of earlier karst ore was observed in different places and periods. A Hercynian granite intrusion has locally converted some karst fillings into skarn.

Si conoscono in Sardegna concentrazioni utili di bauxite, di ferro, di piombo, di zinco, di barite e di fluorite legate a carsismi. Tre sono i principali periodi di sviluppo di carsismi e di conseguente accumulo di sostanze utili: il Cambro-Ordoviciano, il post-Ercinico e l'Alpino, post-Alpino.

In taluni casi si possono osservare rielaborazioni carsiche di precedenti accumuli carsici.

La granitizzazione ercinica ha localmente trasformato taluni riempimenti carsici in granatiti.

Schema geologico.

Nei diagrammi di Fig. 1 abbiamo schematizzato alcuni eventi geologici che hanno controllato lo sviluppo del carsismo in Sardegna.

In Fig. 2 sono schematicamente riassunti i tipi di carsismo e le mineralizzazioni ad essi connesse.

Richiamiamo l'attenzione sui seguenti fatti:

1° - in Sardegna si conoscono due soli grandi complessi carbonatici: il cosiddetto « Metallifero » del Cambrico medio, e il Giura-Cretaceo. Essi sono sostanzialmente simili come macro-composizione, trat-

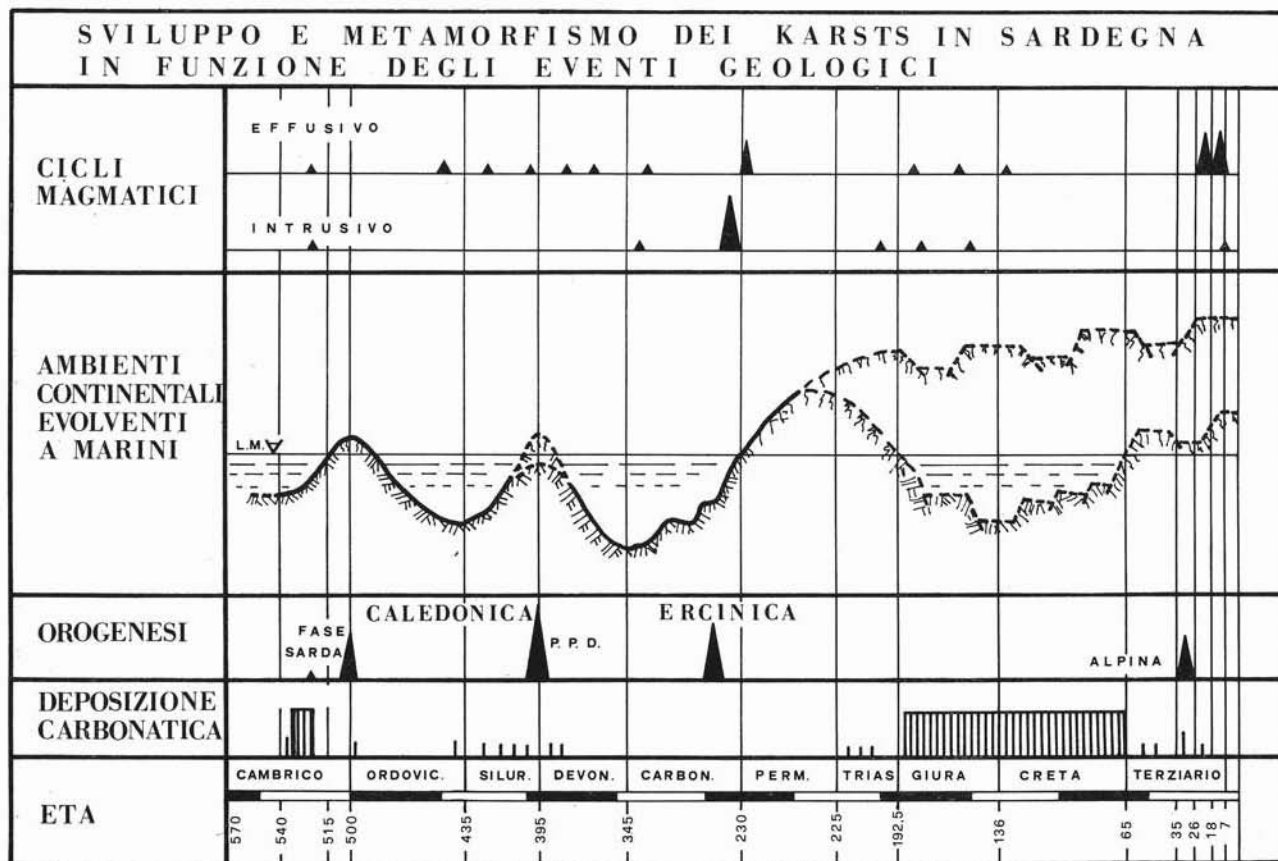


Fig. 1.

TAVOLA DEI MINERALI CORRELATI AI KARSTS IN SARDEGNA						
TIPO DI KARST TIPO DI MINERALE	CORRELATI ALLA DISCORDANZA CAMBRO-ORDOVICIANA		CORRELATI AL PENEPIANO ERCINICO		CORRELATI AL SOLLE- VAMENTO ALPINO	
	FOSSILE	RINGIOVANITO	TERMOMETAMORFICO	FOSSILE		CONTINUAMENTE RINGIOVANITO
BAUXITE					<input type="checkbox"/> OLMEDO	
LIMONITE + Zn & Pb OSSIDATI					<input type="checkbox"/> IGLESIAS	
EMATITE	<input type="checkbox"/> FLUMINAGGIORE					
GALENA+CERUSITE +BARITE	<input type="checkbox"/> ARENAS IGLESIAS-SULCIS	<input type="checkbox"/> ARENAS ORIDDA	<input type="checkbox"/> ARENAS ORIDDA	<input type="checkbox"/> NORD SULCIS	<input type="checkbox"/> RICCHI IN Ag IGLESIAS-SULCIS	
BARITE	<input type="checkbox"/> SULCIS	<input type="checkbox"/> SULCIS		<input type="checkbox"/> SA BAGATTU	<input type="checkbox"/> BAREGA ORIENTALE	
SOLFURI MISTI Fe, Zn, Pb	<input type="checkbox"/> CONCAS DE SINUI				<input type="checkbox"/> IGLESIAS	
FLUORITE	<input type="checkbox"/> NARCAO				<input type="checkbox"/> ORIDDA	
CUBAGGIO TOTALE	<input type="checkbox"/> < 100.000 tons		<input type="checkbox"/> < 1.000.000 tons		<input type="checkbox"/> milioni di tons	

Fig. 2.

tandosi in entrambi i casi, di calcari e dolomie (con intercalazioni marnose nel Giura-Creta). Hanno invece diversissimo tenore in taluni metalli-traccia, chè infatti il tenore medio generale in Pb-Zn del Giura Creta è di 5-10 p.p.m., mentre è di circa 50 p.p.m. nel Metallifero, alcuni orizzonti del quale (la dolomia rigata basale) contengono lo 0,5-1% di zinco disperso, ed altri (i calcari cerodi) contengono a zone lo 0,5-0,8% e anche più di Pb.

Alcuni calcari cambriaci contengono quantità variabili di Ba, talora fino a più dell'1%, e persino lenticciatole coltivabili di barite.

Per effetto di tali differenze, è anche assai diversa la possibilità di accumuli carsici autoctoni di sostanze utili.

Sta di fatto che nel Giura-Creta si conoscono essenzialmente concentrazioni bauxitiche (con la sola eccezione di due piccole mineralizzazioni a ossidati di Zn-Pb-Fe presso Alghero); al contrario nel Cambriaco ricorrono un gran numero di depositi, anche grossi, a Pb, Zn, BaSO₄ ed alcuni di piccole dimensioni a Fluorite.

2° - La Sardegna, o parte di essa, è stata soggetta a quattro grandi fasi di continentalità, e cioè:

- a) durante l'orogenesi cambro-ordoviciana;
- b) tra il Silurico e il Devonico;
- c) dopo l'orogenesi ercinica, con particolare intensità durante il Permo-Trias;
- d) con il sollevamento alpino.

Tre di esse sono responsabili di sviluppo carsico: la prima, la terza e la quarta; Non si conoscono carsismi in relazione al secondo periodo di continentalità, perchè l'unico grosso complesso carbonatico allora esistente (il Metallifero) era protetto da una spessa coltre impermeabile, costituita dagli scisti ordoviciani e siluriani.

In molte parti dell'Isola non c'è stata alcuna interruzione fra le ultime due fasi, cosicchè si è avuto a disposizione un intervallo di tempo di 280 milioni di anni, per lo sviluppo dei carsismi e l'accumulo di sostanze utili.

3° - L'orogenesi cambro-ordoviciana ha prodotto pieghe dolci con sollevamenti limitati; al contrario le successive orogenesi (la Caledoniana in senso stretto e la Ercinica) hanno prodotto pieghe serrate e fratture, con forti sollevamenti.

L'orogenesi alpina è stata essenzialmente disruptiva e ha prodotto l'attuale struttura a « horst e graben » della Sardegna, con sollevamenti talora assai notevoli.

Come conseguenza di questo quadro, la profondità delle cavità carsiche fossili cambro-ordoviciane è assai piccola (qualche metro); al contrario la profondità delle cavità carsiche alpine e post-erciniche è spesso elevata (qualche centinaio di metri), particolarmente in quelle zone che hanno giocato il ruolo di horst per lungo tempo.

4° - Due grandi cicli magmatici sono stati attivi in Sardegna: il ciclo acido intrusivo ercinico e il ciclo effusivo alpino. Di conseguenza si sono sviluppati termometamorfismi, anche notevoli, nei paleo-carsismi cambro-ordoviciani, mentre nessun fenomeno di tal tipo si riscontra nei carsismi post-ercinici ed alpini-post-alpini.

Esempi.

Elencheremo qui di seguito gli esempi, a seconda della composizione delle sostanze utili che riempiono le cavità carsiche, e ci dilungheremo alquanto su quelle sostanze (come galena, blenda, pirite, marcasite, barite, fluorite) che sono generalmente considerate « non tradizionali » come riempimento di cavità carsiche.

Noi siamo certi che, procedendo con gli studi, molti altri depositi la cui genesi è variamente interpretata, si riveleranno come connessi a carsismi; ma — per ora — non abbiamo sufficienti dati di osservazione per provarlo.

A) BAUXITE: giacimenti di bauxite ricorrono nel nord-ovest dell'Isola presso Olmedo (Alghero); sono contenuti in paleo-carsismi fossili intercalati alla serie cretacea.

Secondo Cocco G. e Pecorini G. (1959) la bauxite deriva dalla alterazione superficiale delle marne di quella stessa serie.

B) LIMONITE - SMITHSONITE - HEMIMORFITE - CERUSSITE: grandiosi depositi di queste sostanze si sono formati per ossidazione superficiale di adunamenti a piombo-zinco-pirite ospitati nel Metallifero dell'Iglesiente. Essi furono descritti da uno di noi (Zuffardi P., 1964). Ai fini della presente nota ne sottolineiamo due caratteri:

a) l'estremo sviluppo in verticale: alcune centinaia di metri non sono rari;

b) il loro passaggio in profondità ai tipi che descriveremo più sotto ai punti D ed E (Münch W. - Siedbrat H., 1961; Zuffardi P., 1968 e 1970).

C) EMATITE: la località caratteristica è l'acrocoro a Sud di Fluminimaggiore, ove, lungo il contatto discordante fra calcari cambriaci e conglomerato basale ordoviciano, ricorre una serie di piccole tasche di ematite purissima, con intercalazioni filladiche (Zuffardi P., 1953). La forma del letto, la presenza in esso di corte venette e di stelle di ematite, i rapporti di giacitura fra roccia di letto, ematite stratificata, e conglomerato basale ordoviciano (fig. 3), sono evidenze di deposizione carsica.

I calcari sono privi di ferro: ciò contrasta l'ipotesi di una deposizione autoctona. D'altra parte, la continuazione della deposizione di ematite entro il conglomerato basale e la graduale transizione da concentrazioni ad alto tenore in ferro a sedimenti debolmente ferri-feri sono altrettante evidenze di deposizione alloctona.

Nei campioni a mano e in sezione sottile la mineralizzazione presenta tessitura a bande, con non rare ooliti ricristallizzate.

Questi depositi sono classificabili come paleocarsismi fossili di età cambro-ordoviciana, a riempimento alloctono, regionalmente ricristallizzati.

D) BARITE - GALENA - CERUSSITE: si possono distinguere due gruppi di deposito, e cioè:

D-1: correlati alla discordanza cambro-ordoviciana;

D-2: correlati al penepiano ercinico.

Il giacimento di Arenas presenta entrambi i gruppi sopracitati.

Questo giacimento è stato descritto e variamente interpretato da Uras (1957), Di Colbertaldo (1958), Benz J. P. (1964-1965); questi per primo ha ipotizzato la genesi carsica del deposito di Arenas.

Secondo tale ipotesi, poniamo in evidenza le seguenti osservazioni e considerazioni.

D-1-a: i paleo-carsismi fossili si presentano sotto forma di numerose piccole tasche con la stessa giacitura dei depositi ematitici descritti precedentemente.

Il materiale di riempimento è costituito da vari tipi di « terra rossa » ricoperti da una crosta, spesso dai 2 ai 4 metri, di silice continentale con piccole quantità di galena e barite.

Un pò di galena è presente alla base di ciascuna tascata e alquanto cerussite ricorre nella terra rossa. Al di sopra della crosta silicea ricorre con notevole continuità un conglomerato a noduli e blocchi di barite.

Nei primi 10-20 metri del conglomerato basale ordoviciano sono interstratificate occasionali lenti siliciose contenenti solfuri e barite. Ciò sta a provare che il riempimento delle cavità carsiche è, almeno in parte, alloctono.

Oltre ad Arenas, centinaia di Km della discordanza cambro-ordoviciana si presentano in situazione analoga.

Il tenore di Pb è generalmente basso (meno dell'1,50%); a tratti si raggiunge e si supera il 4-5%.

Come abbiamo detto precedentemente, intensi ripiegamenti hanno interessato la discordanza cambro-ordoviciana, che ben spesso si presenta assai raddrizzata, e i depositi ad essa connessi si presentano, a prima vista, a mò di vena, come illustra la fig. 5. Solo un attento e dettagliato esame delle mineralizzazioni può (e non sempre con assoluta certezza) evidenziarne la genesi.

D-1-b: nelle zone in cui, a seguito di sollevamenti più o meno recenti, la copertura ordoviciana è stata erosa, le acque superficiali, infiltrandosi attraverso la crosta silicea, hanno potuto rielaborare i precedenti depositi, e li hanno così ringiovaniti.

Più profonde cavità carsiche si sono prodotte in tal maniera (fino a 20 m di sviluppo in verticale): esse contengono concentrazioni di cerussite e galena inglobate in « terra nera », ricoperte da una breccia di collasso praticamente sterile cementata da « terra rossa ».

Non è infrequente incontrare piccole quantità di galena del tipo « alchifolio » alla base delle cavità carsiche.

L'importanza di questo ringiovanimento è talora rimarchevole, talchè — da deposizioni non economicamente utili del tipo D-1-a — si possono ottenere concentrazioni utili del tipo D-1-b.

D-1-c: la granitizzazione ercinica e il termometamorfismo connesso hanno parzialmente interessato alcuni depositi di tipo D-1-a, dando luogo a granatiti, infiltrate e cementate da venette di galena. Il tenore in piombo è notevolmente più alto che nel deposito originario,

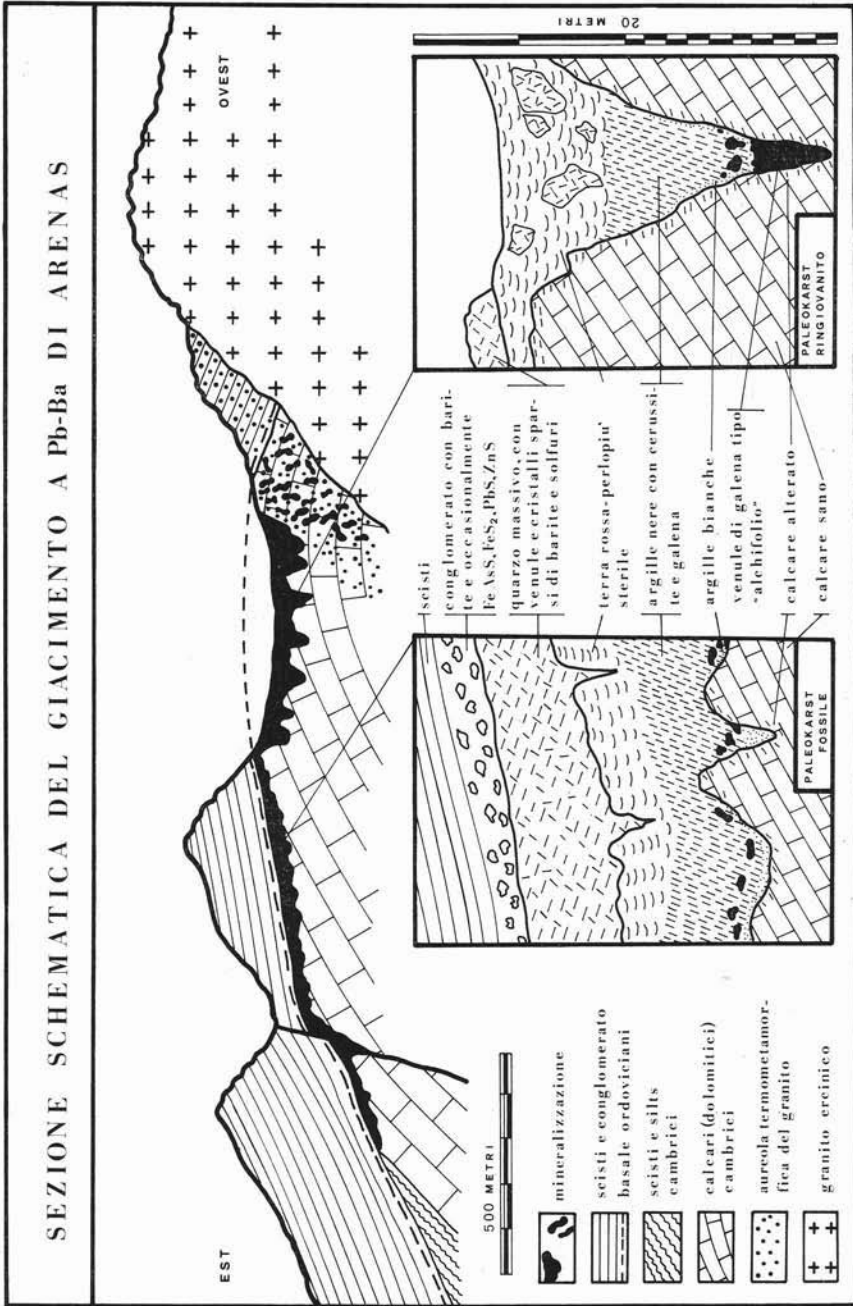


Fig. 4.

essendo non raro il 10%. Le strutture, le tessiture, la composizione di queste granatiti, viste su campioni a mano o in sezione lucida, sono quelle stesse che in letteratura classica vengono descritte come piro-metomatiche, pneumatolitico-idrotermali (Uras I., 1957; Di Colbertaldo D., 1958).

D-2: Si conoscono tre tipi di questo gruppo e cioè:

D-2-a: deposizioni stratificate orizzontali costituite da letti milimetrici a galena, barite e silice nera.

La loro potenza è generalmente piccola (qualche metro). Talora la loro copertura originaria (triassica?) è conservata (Sa Bagattu).

Li classificheremo come paleo-carsismi fossili di età post-ercinica (triassica?).

D-2-b: corpi colonnari, con riempimenti a coccarda e marcata zonatura verticale (barite pura in alto; barite, silice nera, aragonite, galena molto argentifera in profondità). L'estensione in verticale è di qualche centinaio di metri. La zona tipica è quella dei «ricchi in argento» dell'Iglesiente (Bruseca C. - Dessau G., 1968).

D-2-c: colonne con struttura a stock-work. Il riempimento consiste in barite - galena - calcite - dolomite - aragonite.

La profondità varia da alcune decine di metri a oltre 130 metri.

Forti arricchimenti in galena si notano nelle zone profonde di talune colonne (Giuenni).

Va detto infine che la riconcentrazione carsica post-ercinica è stata uno dei fattori dominanti (se non il fattore dominante) nella formazione delle concentrazioni ricche di galena nei giacimenti tipo Monteponi (Zuffardi P., 1968, 1970).

E) BARITE: i carsismi a barite sono del tutto simili a quelli a barite-galena-cerussite, di cui — in ultima analisi — rappresentano un caso particolare. La località tipica è Barega, schematizzata in Fig. 6.

Le differenze principali sono:

a) la barite è assente (almeno in quantità economicamente interessanti) nei carsismi termometamorfici;

b) riempimenti baritici massivi non sono infrequenti (almeno a tratti);

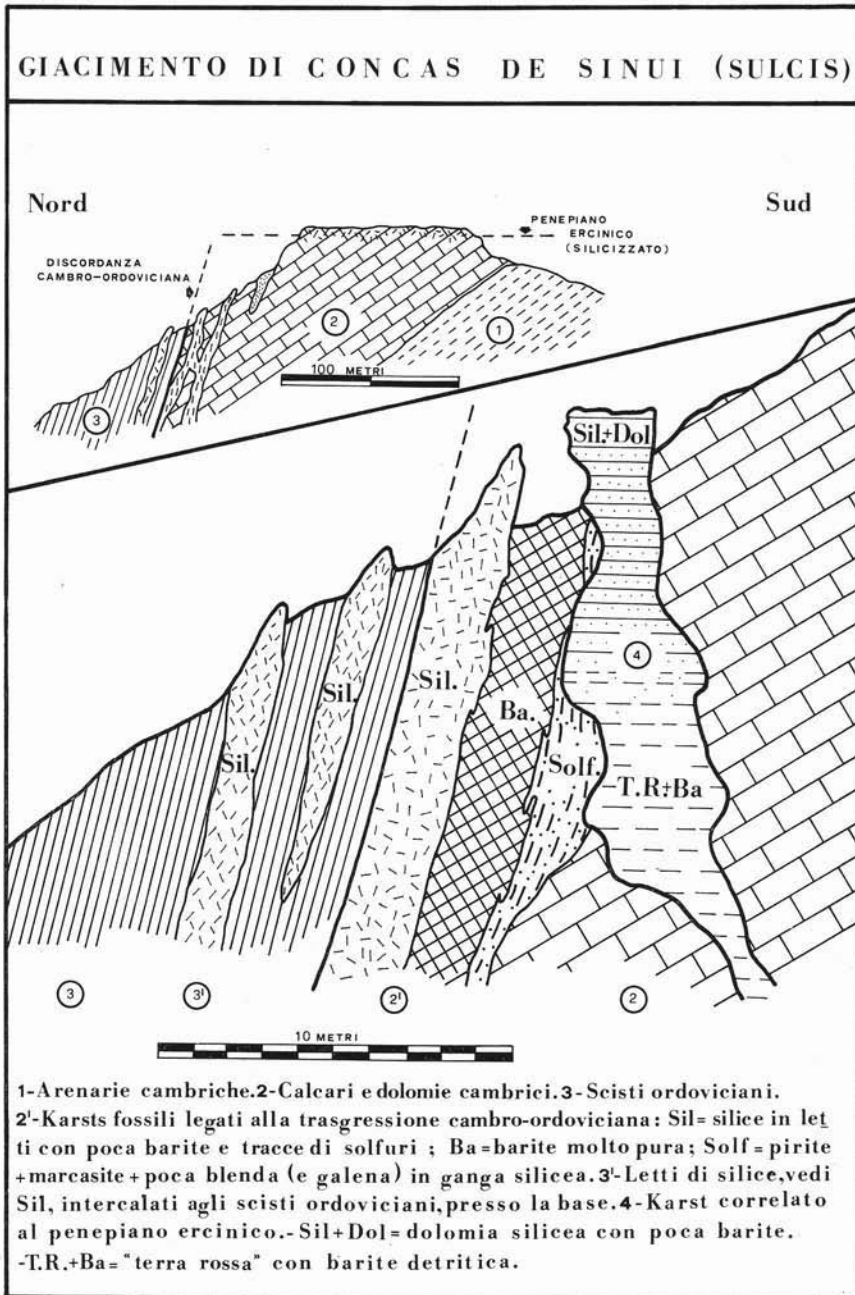


Fig. 5.

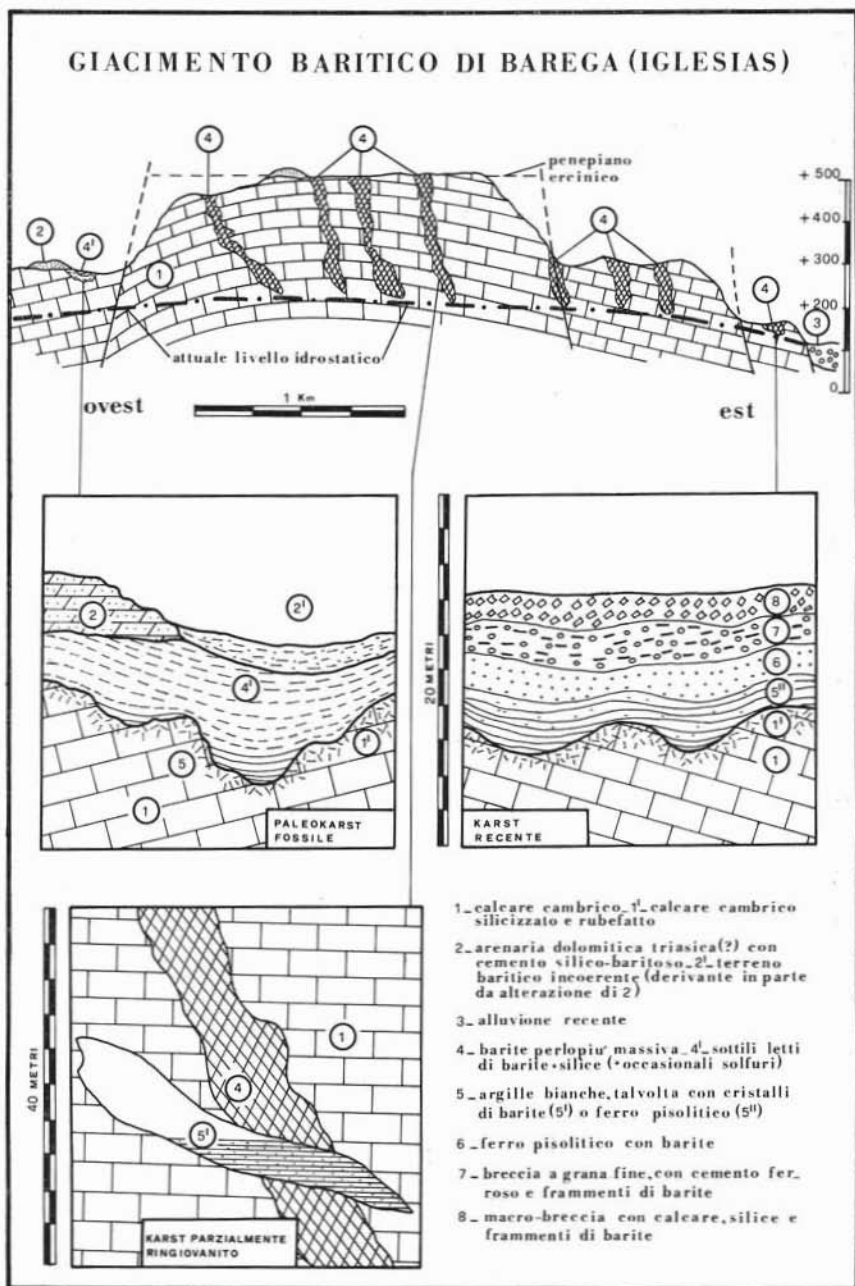


Fig. 6.

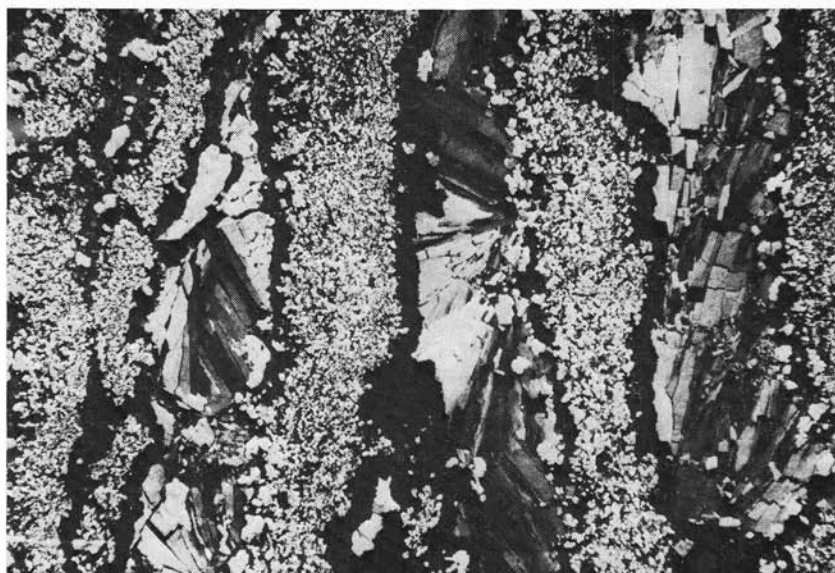
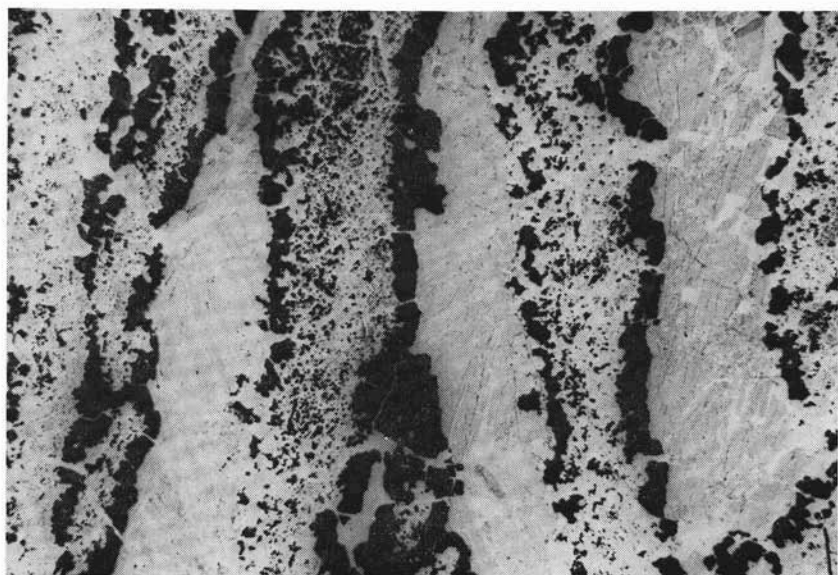


Fig. 7. — Deposizioni stratificate costituite da letti millimetrici di galena (nero), barite (fogliacea), slice nera (granulare) di Sa Bagattu. (Sezione sottile, ingr. lin. 8. *Foto in alto*: solo polar.. *Foto in basso*: nicols incr.).

c) vene di barite silicosa entro zone di faglia o frattura non sono rare (Barega); esse ricorrono anche in rocce non carbonatiche.

La presenza di spesse croste silicioso-baritose a copertura sia della discordanza cambro-ordoviciana sia del penepiano ercinico, indicano che almeno parte della barite è alloctona.

F) PIRITE - MARCASITE - BLENDA - GALENA: Si conoscono due casi di accumulo carsico di solfuri misti, e cioè:

F-1: Sul fondo di cavità carsiche correlate alla discordanza cambro-ordoviciana; la ganga è costituita da silice nera (Concas de Sinui; vedi Fig. 5).

F-2: Alcune crepacciose recenti, che ricorrono ai livelli più profondi dell'Iglesiente, sono parzialmente riempite da depositi terrosi, a stratificazione orizzontale di solfuri misti, essenzialmente pirito-blendosi (tenori in Zn fino al 12%) inglobati in argilla nera o silice diasprigna rossastra.

Il cubaggio di entrambi i tipi, F-1 ed F-2, è assai limitato;

G) FLUORITE: a nostro avviso, si possono ragionevolmente considerare come accumulazioni carsiche, due adunamenti.

Il primo, presso Narcao, è correlato alla discordanza cambro-ordoviciana, e si presenta sotto forma di uno stock-work a venette di barite-fluorite-calcite, insediate in dolomia cambrica intensamente silicizzata, immediatamente al di sotto della base dell'Ordoviciano. Può essere considerata come una variante (fluorifera) del tipo E. La provenienza del fluoro è questione non risolta fino ad ora.

Il secondo caso (regione di Oridda, zona di Perda Niedda) è ancora più problematico.

In tale zona si conoscono alcune cavità carsiche di piccolo cubaggio (da 2.000 a 50.000 ton) riempite da fluorite con quantità accessorie di calcite e di barite. L'estensione in profondità al di sotto dell'attuale piano di campagna non supera i 20/40 metri.

La chiusura in profondità di queste cavità è sempre costituita da terra rossa; esse sono ricoperte ben spesso da un crostone limonitico-ematitico.

Altri dati di osservazione sono i seguenti:

1) Talune zone dell'aureola metamorfica dei graniti sono costituite da una roccia cloritico-anfibolitico-granatifera contenente solfuri e cristalli isolati o venette di fluorite.

Questo fatto suggerisce che la fluorite si formò entro tali rocce non più tardi del termo-metamorfismo ercinico, ma non spiega se il fluoro (la fluorite) fu introdotto durante il metamorfismo o se fosse preesistente e semplicemente ne fu rimobilizzato.

2) Tali porzioni dell'aureola metamorfica sono state profondamente trasformate per ossidazione superficiale, e hanno dato luogo a crostoni di ematite di alta purezza (limonizzata in superficie).

Un banco di fluorite misto a silice, dello spessore di 1-2 metri, ricorre (Perda Niedda) alla base del crostone ematitico, subito sopra la roccia metamorfica inalterata.

Ciò suggerisce che il fluoro (la fluorite) sia stato rimobilizzato per effetto di tale ossidazione superficiale, che è certamente avvenuta in condizioni climatiche di tipo ben diverso dalle attuali; probabilmente si trattava di climi caldi tropicali come sta ad indicare la formazione di ematite in luogo della limonite, che si forma comunemente nei nostri climi attuali.

3) Le cavità carsiche a fluorite ricorrono a ridosso dei suddescritti complessi, e cioè o direttamente al di sotto dei crostoni ematitici (come detto al punto 1) o tutt'attorno alle formazioni descritte al punto 2.

Ciò suggerisce evidentemente la possibilità di un legame genetico fra gli uni e gli altri.

In conclusione noi facciamo l'ipotesi che parte del fluoro delle fluoriti sia sfuggito dalla porzione superficialmente alterata di quelle particolari rocce metamorfiche, essendo trasportato in soluzione nelle acque di percolazione e che esso abbia rigenerato la fluorite non appena — in profondità o lateralmente — queste soluzioni hanno incontrato le rocce carbonatiche.

L'origine prima del fluoro (erciniana? pre-erciniana?) è, tutt'oggi, un problema da risolvere.

BIBLIOGRAFIA

- BENZ J. P. (1964) - *Le gisement plombo-zincifère d'Arenas (Sardaigne)*. Travaux du Lab. Sciences de la Terre, Ecole des Mines, Nancy.
- BENZ J. P. (1965) - *Nouvelles observations sur le gisement d'Arenas*. Symposium Problemi geo-minerari Sardi. Iglesias.
- BRUSCA C., DESSAU G. (1968) - *I giacimenti piombo-zinciferi di S. Giovanni (Iglesias) nel quadro della geologia del Cambrico Sarao*. L'Industria Mineraria, Roma.
- COCCO G., PECORINI G. (1959) - *Osservazioni sulle bauziti della Nurra (Sardegna Nord-occidentale)*. Memorie Acc. Naz. Lincei, serie VIII, vol. V, Roma.
- DI COLBERTALDO D. (1958) - *Il giacimento piombo-zincifero di Arenas nell'Iglesiente*. Soc. Min. Ital., vol. XIV, Pavia.
- MUENCH W., SIEDBRAT G. (1961) - *Geologische Untersuchungen in Raum von Iglesias (Sud-West-Sardinien)*. Zeitsch. Für Erzbergbau und Metal., Frankfurt.
- SALVADORI L., ZUFFARDI P. (1964) - *Supergene sulfides and sulfates in the supergene zones of sulfide ore deposits. Sedimentology and ore genesis*. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- TAMBURRINI D. (1968) - *I giacimenti baritici sardi: caratteri geogiacimentologici e minerari*. Symposium sulle bariti della Sardegna, Iglesias.
- TAMBURRINI D., ZUFFARDI P. (1969) - *Field evidences of supergene remobilization of Barium (and possibly of Barite) in Sardinia*. Remobilization of Ores and Minerals: a Symposium, Cagliari.
- URAS I. (1957) - *Studio geo-giacimentologico del giacimento di Arenas-Tiny*. Boll. Associazione Mineraria Sarda, fasc. 4, Iglesias.
- ZUFFARDI P. (1953) - *Alcune caratteristiche dei giacimenti minerari sardi*. Convegno di studi per l'Industrializzazione della Sardegna, Cagliari.
- ZUFFARDI P. (1964) - *Considerazioni sulla composizione e sulla distribuzione dei minerali calaminari sardi*. Symposium sull'arricchimento dei minerali calaminari, Cagliari.
- ZUFFARDI P. (1968) - *Transformism in the Genesis of Ores Deposits: Examples from Sardinian Lead-Zinc Deposits*. XXIII Int. Geol. Congr., Vol. 7, Praga.
- ZUFFARDI P. (1969) - *Remobilization in Sardinian - Lead-Zinc deposits*. Remobilization of Ores and Minerals: a Symposium, Cagliari.
- ZUFFARDI P. (1970) - *La Métallogénèse du Plomb, du Zinc et du Barium en Sardaigne: un Exemple de Permanence, de Polygénétisme et de Transformisme*. Tome 92, 1969, fasc. III, Annales Société Géol. Belgique, Bruxelles.