

GIULIANO PERNA (*)

GIACIMENTI MINERARI CARSICI (**)

Giacimenti di bauxite.

Il fenomeno carsico è essenzialmente un processo di dissoluzione soprattutto delle rocce carbonatiche, dovendosi considerare la componente erosiva delle acque scorrenti ponderalmente trascurabile. I minerali e le sostanze costituenti le impurezze (SiO_2 , Al_2O_3 , ossidi ed idrossidi di Fe, ecc.) sono scarsamente solubili, così che si ha un accumulo di materiali residuali, che vanno a costituire la « terra rossa », caratteristica dell'ambiente carsico.

E' ben noto che i giacimenti di bauxite derivano da queste impurità per evoluzione lateritica in situ delle terre rosse, ed allontanamento del Fe e della silice (*giacimenti carsici autoctoni*).

Il residuo insolubile dei carbonati può essere molto basso, anche inferiore allo 0,1% per cui si richiederebbe in tal caso la demolizione di una serie potente per condurre alla formazione dei giacimenti. Vi sono tuttavia fenomeni di accumulo dei prodotti di difacimento, dovuti al trasporto da parte delle acque dilavanti e deposizione nelle zone depresse, come è possibile vedere anche oggi nelle aree carsiche poco accidentate. L'evoluzione lateritica avviene nelle doline o polje, trasformate in laghi temporanei per l'impermeabilizzazione operata dalle terre rosse stesse o per innalzamento del livello di base per la subsidenza della zona e parziale ingressione marina. I giacimenti che si formano in questo modo sono definiti *giacimenti carsici parautoctoni*

(*) Istituto di Giacimenti Minerari della Facoltà di Ingegneria della Università di Bologna. Laboratorio Geominerario della Regione Trentino-Alto Adige.

(**) Lavoro finanziato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie) contratto n. 71.00333.05.

per significare che all'accumulo del minerale contribuisce una vasta area.

Giacimenti di bauxite si formano anche su rocce cristalline povere di SiO_2 (andesiti, sieniti, gabbri, gneiss, ecc.) per lateritizzazione in ambiente caldo umido. Quando queste lateriti vengono fluite in aree carsiche si hanno i *giacimenti carsici alloctoni*.

Adunamenti carsici di minerali utili diversi dalle bauxiti erano noti da tempo, ma spesso erano considerati episodi sporadici nella evoluzione carsica di una regione.

Una accurata ricerca bibliografica ha permesso di accertare che depositi carsici sono piuttosto frequenti e comprendono minerali di Fe (limonite, ematite, terre coloranti), Mn e soprattutto fosforiti (collofane): in particolare in questi ultimi l'alterazione carsica può giocare un ruolo determinante, analogamente a quanto avviene per le bauxiti.

Giacimenti carsici alpini.

Molto recentemente si è avanzata da più parti l'ipotesi di un legame tra alcuni giacimenti di Pb, Zn, barite e fluorite nei calcari e dolomie (giacimenti «alpini» o, più estensivamente, giacimenti tipo B.M.S. Bleiberg - Mississippi - Slesia) e fenomeni carsici.

Si tratta di qualcosa di più che una occasionale localizzazione di mineralizzazione nei karst, in quanto, ad un esame più attento, risulta l'intima connessione genetica tra questi giacimenti ed il fenomeno carsico, come avviene per le bauxiti.

Infatti mentre sono frequenti i giacimenti carsici di bauxite, fosforiti, minerali di Mn, Fe, Pb, Zn, fluorite e barite, i giacimenti di altri minerali sono eccezionalmente rari: uranio (Tyuya - Muyun in U.R.S.S.), cobalto (Voel Hiraddog, Inghilterra), vanadio (Abenab, Africa SE), ligniti (piccoli giacimenti sporadici). Questi giacimenti di U, Co, Va, ecc. sono evidentemente degli accidenti geologici, mentre per i primi vi è uno strettissimo legame genetico tra fenomeno carsico e mineralizzazione.

Nella figura è schematizzato un ciclo sedimentario e la formazione dei relativi giacimenti, partendo da mineralizzazioni primarie, sia filoniane che disperse come fondo geochimico, oppure come elementi costituenti le rocce stesse.

L' iniziale sovrabbondanza di un elemento in una certa porzione della litosfera (anomalia geochimica), è legata ai grandi processi geologici, quali differenziazione primaria durante il raffreddamento, celle di convezione del mantello, ecc. e tende a mantenersi a lungo, per uno o più periodi geologici. I processi geologici locali, quali magmatismo di anatessi, erosione e sedimentazione, possono produrre una ulteriore concentrazione di determinati elementi chimici (ma anche evidentemente una dispersione) sino a giungere alla formazione di giacimenti.

Lo schema mostra come, partendo da questo stock primario, si forma per erosione e sedimentazione un *giacimento sedimentario* (n. 1), generalmente a debole tenore.

In relazione ad una fase di emersione della zona si ha l' incarsimento delle formazioni sedimentarie carbonatiche e conseguente concentrazione delle mineralizzazioni in *giacimenti carsici autoctoni*. Sulle rocce cristalline l' alterazione lateritica produce la concentrazione dei minerali meno solubili (*giacimenti lateritici*), che vengono asportati in una fase di riattivazione del processo erosivo per cambiamenti climatici od ulteriori sollevamenti. Il materiale, se deposto in zona carsica, va a costituire *giacimenti carsici alloctoni* (3).

La rielaborazione delle mineralizzazioni in rocce carbonatiche, trasporto, concentrazione e rideposizione a distanza in aree carsiche, dà luogo a *giacimenti carsici parautoctoni*.

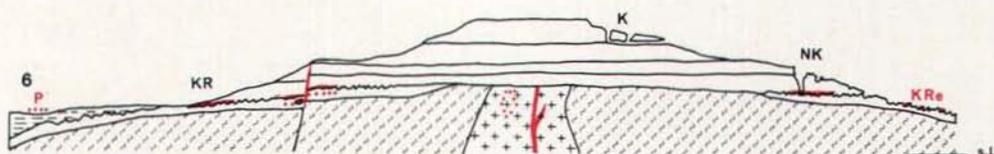
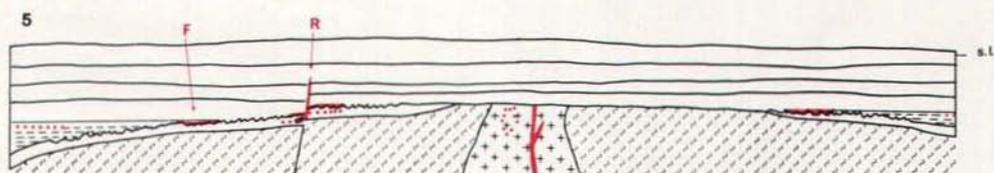
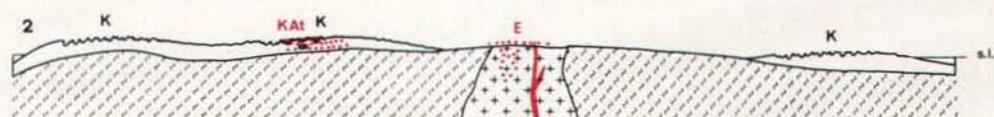
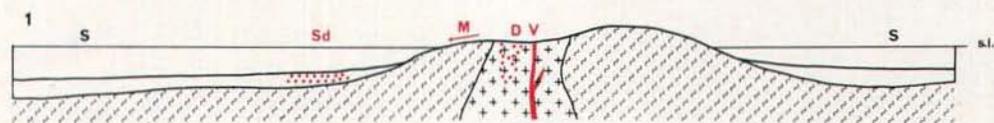
I minerali depositi assieme a materiali marnosi di apporto continentale danno luogo a *mineralizzazioni diffuse* nella copertura.

Con la ripresa della sedimentazione e corrispondente abbassamento dell' area in geosinclinale, si ha la deposizione di una serie sedimentaria. I giacimenti sono oggetto di azioni diagenetiche a temperatura e pressione anche elevate, con possibile formazione di giacimenti di ricircolazione (*idatogeni*) (4). L' emersione e la circolazione di acque freatiche in pressione porta alla formazione di carsismi profondi, con concentrazione dei minerali (*giacimenti freatici*) (5). Col proseguire della emersione si ha l' erosione della pila di sedimenti, con carsismi che possono interessare anche mineralizzazioni precedenti e formazione di *giacimenti residuali* e *giacimenti di alterazione*.

(4) DEAL, 1968 dimostra che le concrezioni calcitiche di alcune grotte delle Black Hills si sono formate a profondità tra i 100 ed i 1000 m, con temperature tra i 150 e 200°C.

SCHEMA DELLA FORMAZIONE DEI GIACIMENTI MINERARI CARSICI

1. **EROSIONE E SEDIMENTAZIONE.** - L'erosione asporta i minerali ed i prodotti di alterazione delle rocce del basamento, depositandoli nei bacini di sedimentazione. S = bacini di sedimentazione, Sd = giacimento sedimentario, M = trasporto di minerali e metalli, D = mineralizzazione primaria dispersa, V = mineralizzazione filoniana primaria, s.l. = livello del mare.
2. **EMERSIONE.** - Movimenti epirogenetici fanno affiorare i sedimenti: le rocce carbonatiche subiscono la dissoluzione carsica, le rocce cristalline l'alterazione lateritica. Si formano giacimenti lateritici e carsici autoctoni. K = fenomeni carsici, KAt = giacimenti carsici autoctoni, E = giacimenti lateritici.
3. **EROSIONE.** - Ulteriori movimenti orogenetici più intensi riattivano l'erosione. I minerali lateritici vengono erosi e danno giacimenti carsici alloctoni; per rimaneggiamento ed ulteriore erosione dei giacimenti sedimentari autoctoni e delle mineralizzazioni disperse, si formano giacimenti minerari parautoctoni. KP_a = giacimenti minerari parautoctoni, M = trasporto dei minerali e dei metalli; KA_l = giacimenti carsici alloctoni.
4. **TRASGRESSIONE.** - Inizia la trasgressione mentre prosegue l'erosione con sedimentazione di argille e marne, talora mineralizzate, ed ulteriore concentrazione dei minerali nei giacimenti carsici. D = mineralizzazioni diffuse nella copertura.
5. **SEDIMENTAZIONE.** - Si deposita tutta la serie sedimentaria, i minerali mobilizzati in fase diagenetica formano giacimenti « idrotermali » di ricircolazione. In fase tardiva, durante l'emersione, la circolazione delle acque carsiche profonde porta alla formazione di giacimenti carsici freatici. F = giacimenti carsici freatici, R = giacimenti idrotermali (= idatogeni) di ricircolazione.
6. **EROSIONE.** - La serie sedimentaria emerge ed è preda della degradazione meteorica. Si formano carsismi superficiali e sotterranei, i giacimenti minerari carsici vengono erosi e si formano i giacimenti carsici residuali e di alterazione. P = giacimenti minerari residuali (Placers); KR = karst ringiovanito, K = karst, NK = neokarst che interessa un karst olofossile completo (giacimento), KRe = giacimenti carsici residuali e di alterazione.



Carsismo e metallogenesi.

Secondo questo schema il fenomeno carsico si inserisce tra i processi metallogenici con un ruolo determinante.

Il fenomeno carsico va qui inteso nel suo senso più ampio del termine come dissoluzione chimica ed asportazione dei carbonati e concentrazione dei minerali meno solubili. Ciò però non sarebbe sufficiente in quanto i minerali potrebbero poi disperdersi nei bacini di sedimentazione: interviene a questo punto il secondo fattore, quello dell'effetto di *trappola* dei fenomeni carsici sia superficiali che sotterranei sui minerali concentrati.

Il meccanismo dei fenomeni di mobilizzazione e riconcentrazione delle bauxiti, fosforiti e minerali ossidati (di Fe, Mn, Pb, Zn) sono sufficientemente noti; non altrettanto può dirsi per i solfuri (galena, blenda, pirite) per la precipitazione dei quali si richiede la presenza di H_2S , la cui produzione sarebbe dovuta a riduzione ad opera delle sostanze organiche e di batteri.

La barite può essere, in particolari condizioni, mobilizzata come sale clorurato e riprecipitata in presenza di ioni SO_4^{--} , la fluorite passerebbe in soluzione come composto SiF_n e riprecipitata in presenza di ioni Ca^{++} .

Le strutture e tessiture sono molto particolari. Innanzitutto le paragenesi sono estremamente povere (fatta esclusione della coorte di minerali di alterazione). Ciò è dovuto al fatto che il processo sedimentario e l'alterazione carsica sono processi altamente selettivi da un punto di vista geochimico.

Si hanno tessiture a breccie, coccarde, noduli, crostoni, strutture gradate e ritmiche e, solo molto raramente, stalattiti. Talvolta si riscontrano vere e proprie grotte (la più bella e famosa è la Grotta di S. Barbara nella miniera di S. Giovanni in Sardegna) sia come testimonianza del carsismo nel quale si è deposto il minerale, sia di un secondo ciclo carsico che ricalca il precedente o che è del tutto indipendente.

Esiste pertanto una connessione metallogenetica molto stretta tra fenomeno carsico e mineralizzazioni. I giacimenti tipo B.M.S., sui quali si sono fatte in passato molteplici ipotesi genetiche (sedimentari puri, ricircolati, idrotermali, ecc.) sarebbero pertanto in tutto od in parte

un particolare aspetto del fenomeno carsico: è questa una ipotesi che apre nuovi orizzonti alla ricerca e pone in una nuova luce il processo speleogenetico.

Queste nuove idee, che sono emerse molto recentemente nei lavori di alcuni Autori, richiedono tuttavia ancora verifiche e profondi studi: sin d'ora risulta comunque evidente l'importanza della relazione tra carsismo e giacimenti minerali.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- DEAL D. E. (1968) - *Origin and secondary mineralization of caves in the Black Hills of South Dakota, USA*. Proceedings 4th Inter. Congr. of Speleology, vol. III, pp. 67-70, tavv. 2, Ljubljana.
- PERNA G. (1972) - *Fenomeni carsici e giacimenti minerali*. Seminario di Speleogenesi, Varenna, 4-8 ott. 1972, in stampa.