

I. URAS, M. VIOLO, P. ZUFFARDI

CONSIDERAZIONI GENETICHE
SUI GIACIMENTI STRATOIDI SARDI POLIMETALLICI (1)

(Nota introduttiva)

Riassunto — Vengono studiati alcuni adunamenti stratoidi polimetallici del Sulcis. Nonostante la notevole concordanza fra mineralizzazioni e rocce incassanti, rilevabile sia a grande scala che — talvolta — a piccola scala, gli autori propendono per un' epigenesi correlata al magmatismo ercinico. E ciò in base a vari caratteri, quali: presenza di smistamenti CuFeS_2 — ZnS ; riconoscimento di una serie paragenetica; correlazione fra giacimenti e fratture; correlazione fra giacimenti e granito ercinico.

Premesse

Com'è noto, fino a qualche anno fa si riteneva che i giacimenti metalliferi sardi, avessero — nella grandissima maggioranza — genesi idrotermale ed età di formazione ercinica. Recentemente però (1) è stata manifestata l'opinione che, taluni di essi almeno, abbiano diverse genesi e diverse età (sin-sedimentare cambrica, con ricircolazioni varie in tempi successivi). D'altronde le idee « neo nettuniste » per usare una significativa definizione, vanno diffondendosi in tutto il mondo, con una rapidità forse non commisurata agli studi che la suffragano.

L'importanza — sia scientifica che pratica — di avere idee chiare sulla genesi dei giacimenti, è concetto troppo evidente perchè valga la pena di insistervi. Di conseguenza ci è parso opportuno, ed anzi doveroso, portare un nostro contributo al problema.

Abbiamo pertanto deciso di dare corso ad un minuto e dettagliato riesame di tutti i giacimenti sardi polimetallici, per ricavarne quei

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Giacimenti Minerari della Facoltà di Ingegneria dell'Università diretto dal Prof. Ing. Piero Zuffardi, nell'ambito del « Gruppo Problemi Minerari » con il contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).

dati di osservazione che appaiono influenti dal punto di vista dell'interpretazione genetica.

Ci siamo ripromessi inoltre di tentare l'interpretazione genetica per ciascun giacimento solo nei casi che essa balzi evidente ed ovvia dal quadro d'insieme dei dati d'osservazione raccolti, preferendo lasciare aperto il problema in tutti gli altri casi.

Naturalmente è nostra aspirazione giungere ad una visione d'insieme nella provincia metallogenica sarda, ma riteniamo opportuno, prima di giungere alla eventuale fase di sintesi, insistere con un lavoro d'analisi dettagliato, anche se monotono.

Criteri per l'indagine

Come primo passo di tale lavoro ci siamo fissati i criteri da seguire nella rilevazione dei dati.

Abbiamo ritenuto necessari e sufficienti i seguenti:

1) Criteri geometrici di concordanza (« congruency » secondo Amstutz (5)). Tali criteri sono particolarmente cari ai singenetisti, e consistono — in breve — nell'esame dei rapporti di giacitura fra la mineralizzazione e la formazione che la ospita. Tale esame va fatto a varia scala: dallo studio del corpo mineralizzato in rapporto alla forma e giacitura della formazione che lo contiene, allo studio ad occhio nudo o con lente di ingrandimento di piccoli campioni, fino all'esame in scala microscopica.

Il prevalere di strutture concordanti su quelle discordanti fra mineralizzazione e roccia che la contiene, è considerato da taluni autori come indizio favorevole al singenetismo. E — di conseguenza — se la roccia che ospita la mineralizzazione è sedimentare, ciò starebbe a favore di una genesi sedimentare.

2) Strutture da sedimentazione (« geopetal structures » di Shrock (16)).

Può sembrare logico che — almeno in assenza di prove in contrario — la presenza di frequenti strutture di questo tipo in una mineralizzazione, siano da considerare indizio favorevole ad una deposizione sedimentaria di minerali stessi.

3) Strutture indicatrici di temperatura di formazione, e di andamento della consolidazione.

E' questo un criterio particolarmente caro agli assertori delle teorie ipogeniche. Intendiamo, ad esempio, riferirci alle strutture da smistamento, e alla esistenza o meno di una sequenza paragenetica.

Talune strutture da smistamento, (in particolare $ZnS-CuFeS_2$), sono — per quanto finora la letteratura ne ha detto — indice di alta temperatura di deposizione e raffreddamento lento e graduale, o quanto meno che tali condizioni si sono avverate ad un certo periodo della storia del minerale.

Altra struttura tipica ritenuta fino ad ora come indicatrice di alta temperatura di formazione, è fornita dalle trasformazioni ematite-magnetite.

L'esistenza di una sequenza paragenetica è l'ovvio indice di una variabilità di condizioni chimico fisiche dei convogli mineralizzatori, siano essi supergenici o ipogenici. Se poi questa sequenza si manifesta attraverso sostituzioni di un minerale con un altro e se si hanno prove sperimentali che tali fenomeni avvengono ad alta temperatura, è logico dedurre un criterio a favore di una ipogenesi. In ogni caso, quando si riscontrano sequenze paragenetiche uguali a quelle che sono tipiche dei depositi sicuramente di affiliazione magmatica, riteniamo di avere a disposizione un criterio valido per propendere per l'ipogenesi.

4) Criteri geochimici: Gli elementi accessori nella mineralizzazione principale possono in taluni casi, fornire un indice attendibile della temperatura di formazione. Ricordiamo, fra tutti, il tenore in Fe delle blende deposte insieme a pirrotine (13). Purtroppo il quadro dei dati a disposizione per gli altri elementi non è così vasto, nè così precisi sono gli studi come meriterebbe l'importanza del problema. E — quindi — pur avendo cercato di avere a disposizione il maggior numero possibile di analisi sui micro-elementi (in modo da fornire una documentazione, che può essere utile per studi futuri) non ne abbiamo tenuto conto che marginalmente per l'indagine genetica attuale.

Tra i criteri geochimici va ancora ricordata la presenza di sostanza organica (più o meno diagenizzata o metamorfosata) in associazione alla mineralizzazione.

Poichè è ben noto che la sostanza organica è un attivo fissatore di vari minerali metallici (7, 9, 10), può sembrare logico ritenere che la deposizione della mineralizzazione sia pre-diagenetica, il che può essere a favore di un sin-sedimentarismo.

5) Correlazione a camere magmatiche. Ciò può prospettarsi in base: 1) alla distribuzione delle mineralizzazioni rispetto ad eventuali masse ignee che erano in via di consolidazione quando la mineralizzazione andava formandosi; 2) all'esistenza di possibili vie di alimentazione; 3) alla correlazione fra mineralizzazione e termo-metamorfismi indotti da quei magmi.

6) Correlazione fra corpi mineralizzati e sedimenti contenenti gli stessi minerali metallici allo stato disperso e a bassissimo tenore.

E' evidente che quando una simile correlazione fosse dimostrabile, sarebbe logico considerare l'ipotesi di una migrazione degli elementi metallici da questi a quella.

7) Criterio della Logica: secondo noi è ovvio che una teoria sarà tanto più attendibile quanto più razionalmente concatenati fra loro e singolarmente più probabili siano gli eventi elementari che occorre ipotizzare, perchè essa sia verificata.

Secondo altri autori (3) sarebbe il basso numero di eventi concatenati (e non la loro probabilità singola, nè il modo con cui sono concatenati) a rendere più o meno accettabile la teoria.

Discussione sulla validità dei criteri suesposti

Diciamo anzitutto che i criteri suesposti, e che noi impiegheremo, non ci paiono tutti ugualmente decisivi, o comunque di ugual peso per la formulazione dell'ipotesi genetica.

Ci sembra infatti evidente che il primo e il secondo criterio (criterio di concordanza, e criterio delle strutture da sedimentazione) siano da considerare come probanti per propendere per una singenesi sedimentare solo nel caso che non manchino prove in contrario. Ed anzi — anche in assenza di queste — essi raramente sono tali da consentire da soli una ragionevole certezza.

Il fatto (ad es.) che un adunamento di minerale sposi nella sua forma vista a grande scala (e magari anche nel dettaglio) la forma e le strutture di un certo banco — *non* vuol dire *necessariamente* che gli sia singenetico; *può* voler dire che vi è stata sostituzione selettiva da parte di un convoglio mineralizzatore. Vale ovviamente il viceversa: e cioè non basta invocare semplicemente la sostituzione selettiva per spiegare la genesi di un giacimento stratoide: occorre provarla con altri dati di osservazione, quali le possibili vie di alimentazione e la sorgente dei convogli mineralizzatori; la temperatura di formazione, ecc.

E — d'altronde — la presenza di strutture da sedimentazione nella mineralizzazione utile, specie se contenuta in certe rocce (calcarei scistososi, calcareniti, ecc.) può non essere decisiva a favore dell'ipotesi singenetica sedimentare.

Chè infatti una sostituzione metasomatica punto per punto, « lit par lit », può conservare, « cristallizzare » una struttura e tessitura da sedimentazione, con tutte le congruenze possibili e immaginabili.

Che tali tipi di metasomatosi esistano ci pare incontrovertibilmente provato dai legni silicizzati. Ci pare ovvio che se si applicassero ad essi i criteri di congruenza e — analogamente a quanto si fa con la ricerca delle strutture da sedimentazione — vi si cercassero le strutture da sostanza vegetale, si troverebbero tutte e solo prove apparentemente a favore di una singenesi fra sostanza vegetale e silice ! Cosa che — inutile dirlo — è falsa.

Certe strutture nebulitiche, a granuli di minerale finemente dispersi nella massa dei minerali sedimentari, senza comunicazione apparente fra loro, e spesso distribuiti nella matrice sedimentare con stratificazione gradata, queste effettivamente ci sembrano spiegabili molto più facilmente con una vera singenesi-sedimentare, nè vediamo probabile, per esse, la sostituzione metasomatica di cui s'è detto.

Ma quando il minerale metallico si presenta, entro la roccia che lo contiene, con altre strutture che abbiano una certa continuità (stratificazione da correnti, vene entro fratture diagenetiche, stratificazione convoluta, ecc.) non ci pare che ciò escluda il possibile intervento delle suaccennate metasomatosi.

Al contrario il criterio n. 3 (presenza di strutture indicatrici di temperatura di formazione) ci pare decisivo e di per se solo bastevole a consentire di esprimere un parere.

Ciò va ben tenuto presente, perchè — come vedremo — in qualche caso siamo stati indotti a esprimerci in favore di una ipogenesi basandoci unicamente su questo criterio, mentre il responso dei criteri 1 e 2 era a favore prevalente della singenesi sedimentare e gli altri criteri erano incerti. Ed allora c'è da chiedersi fino a che punto ci si possa fidare di tali strutture come di termometri geologici. La letteratura al riguardo non è abbondantissima (6, 11, 12) ma è tutta a favore della interpretazione più sopra riportata. Si può notare che mancano sperimentazioni fatte in tempi recenti con mezzi adeguati e in campi nuovi. Ad esempio mancano (o almeno non ne conosciamo l'esistenza) le espe-

rienze connesse all'azione precipitante a freddo dei batteri, che — invece — sono state sviluppate per altri scopi (11).

In tema di indicatori geologici di temperature ricordiamo che taluni minerali ritenuti per l'addietro come capaci di formarsi solo ad alta temperatura, eppertanto considerati buoni termometri geologici, sono stati recentemente precipitati in laboratorio a temperatura poco più che ambientale (14). La pirrotina è fra questi; per tale minerale, inoltre s'è avuta una controprova decisiva sulla sua capacità di deposizione a bassissima temperatura, quando è stata ritrovata entro residui fossili (17). In genere sulla mobilità dei metalli a basse e bassissime temperature, molte idee nuove sono maturate recentemente: ad esempio si è riscontrata deposizione chimica di Ag nativo nel « perma frost » in zone minerarie canadesi (8), e si è riscontrata rideposizione di blenda colloidale, galena scheletrica, pirite in stalattiti, barite nei cappellacci di giacimenti a solfuri (18).

Pertanto una certa cautela è necessaria nel giudicare in base ai cosiddetti termometri geologici: ma ciò nonostante, il loro valore, specie di alcuni di essi, è incontrovertibile e decisivo per le diagnosi genetiche almeno allo stato attuale delle conoscenze.

Contro quanto abbiamo detto riguardo al manifestarsi di una sequenza paragenetica, si potrebbe dire che un'azione a bassa temperatura, e quindi lenta, se si prolunga nel tempo può sortire gli stessi effetti di un'azione ad alta temperatura e quindi relativamente rapida. Ci pare questa una osservazione troppo generica per essere accettata. Inoltre certe sostituzioni se avvenissero a freddo dovrebbero richiedere un tempo troppo lungo, incompatibile con il tempo richiesto dalla normale diagenesi del sedimento entro cui si presentano, qualora si volesse ritenere la loro origine sin-sedimentare.

Dei criteri geochimici poco c'è da commentare a quanto abbiamo già detto. C'è però da ricordare che forse un buon contributo al problema genetico potrebbe essere fornito dall'esame della composizione isotopica degli elementi. Ma si tratta ancora di conoscenze e di studi allo stadio iniziale.

Per quanto riguarda la ricerca di sostanza organica (più o meno diagenizzata) nel sedimento che contiene la mineralizzazione è ovvio che ciò fornisce un carattere utile all'indagine, ma non certo un carattere decisivo; quindi molta cautela sarà necessaria nel valutarne l'importanza.

Del pari con molta prudenza va giudicata la possibile correlazione alle camere magmatiche, specialmente in Sardegna ove rocce granitoidi e loro differenziazioni, fratture e contatti fra rocce di diversa permeabilità capaci di aver funzionato da « camini di alimentazione » ce ne sono dappertutto. E dunque il solo criterio della vicinanza o della correlazione topografica, va soppesato attentamente e confortato con altre correlazioni più probanti.

Fra queste, a nostro avviso, si presta molto bene — ove possibile — la correlazione ai metamorfismi di contatto, sia eseguita a grande scala (rapporti di giacitura fra zone mineralizzate e zone metamorfosate) sia in scala microscopica su sezioni sottili e lucide.

Vero è che — stabilita una correlazione positiva fra mineralizzazione ed eventi magmatici — si può sempre chiedersi: ma i metalli utili sono juvenili ed apportati da convogli emananti dalla camera magmatica, o sono invece stati semplicemente presi dai sedimenti circostanti, entro i quali erano dispersi a basso tenore, rimessi in circolo e concentrati nelle sedi attuali? Ricordiamo che c'è qualcuno (15) che, dopo aver ammesso questa (d'altronde accettabile) possibilità, porta il ragionamento alle estreme conseguenze: cioè non considera l'esistenza di altro metallo juvenile se non quello deposto dalla nebulosa di Kant-Laplace, e ritiene che tutti i giacimenti — nessuno escluso — siano stati generati da ricircolazione.

Noi osserviamo che, sulla configurazione attuale di un giacimento, generato da circolazione di convogli ad alta temperatura, ha ben scarsa importanza il fatto che questi abbiano ricevuto gli elementi metallici direttamente dalla camera magmatica, o invece li abbiano ereditati dai sedimenti che sono stati digeriti dal magma.

Ad ogni modo una prova in favore di questa seconda possibilità, si dovrebbe ricavare se (criterio 6°) si riconoscesse l'esistenza di tali orizzonti sedimentari a basso tenore in elementi metallici, che avrebbero nutrito i convogli mineralizzatori. La mancanza di tali orizzonti può essere considerata come carattere *accessorio* contro l'ipotesi illustrata.

Infine ci pare che il criterio della logica vada applicato secondo il nostro modo di vedere e non secondo quello adottato da altri autori (2, 3, 4) chè infatti il prender per buona l'ipotesi più semplice è una istintiva tendenza della mente umana, ma ciò non vuol dire che la Natura ci si adatti compiacentemente!

Risultati conseguiti

Fino ad ora abbiamo esaminato i seguenti sette giacimenti:

- 1) Arcu de Is Fossas
- 2) Morettu
- 3) Siderio Boi
- 4) S. Lucia di Teulada
- 5) Sa Palma
- 6) Rio Masoni
- 7) Campo Pira

Sono tutti piccoli adunamenti del Sulcis che hanno in comune la caratteristica di essere stratiformi, e di essere incassati nelle assise cambriche.

Abbiamo appositamente iniziato il nostro riesame con giacimenti di tale tipo poichè per essi si può essere più facilmente indotti a pensare ad una genesi sedimentare, suggestionati dalla concordanza a grande scala fra mineralizzazione e roccia sedimentare incassante.

Sono piccoli giacimenti, abbiamo detto: lo studio dei giacimenti maggiori (Monteponi, Campo Pisano, ecc) è in corso e richiederà ancora tempo per essere completato, mentre per altri piccoli adunamenti (zona di Monte Flacca, Zona di Arzana) le conclusioni potranno essere comunicate fra breve.

Tutti e sette i giacimenti sopra citati sono chiaramente legati ad orizzonti carbonatici metamorfici per contatto.

Noi riteniamo che i dati di osservazione siano ampiamente a favore di un'ipogenesi ercinica per tutti i giacimenti che andremo esponendo tranne che per quello di Campo Pira, per il quale abbiamo preferito lasciare aperto il problema.

Scendiamo ora a qualche dettaglio (lo studio completo e la relativa documentazione verrà pubblicato sulla « Ricerca Scientifica »).

La mineralizzazione di Arcu de Is Fossas è insediata in un banco di calcare dolomitico privo di residui di sostanza organica, intercalato in un poderoso complesso argilloscistoso-quarzitico cambrico, lungo una grossa ed estesa zona di frattura ercinica, nella vicinanza immediata del batolite granitico.

Il corpo mineralizzato si presenta concordante al banco carbonatico, se visto a grande scala; ma se si osservano i dettagli, si riscontra pre-

valenza di strutture discordanti. Chè infatti le mineralizzazioni sono distribuite o lungo la faglia o in fratture ad essa connesse.

Non si notano strutture geo-petali. Per metamorfismo termico con apporto di materia lungo la frattura principale, e le minori da essa irradiantisi, si sono formate bande e tascate di skarn a andradite, diopside, hedembergite, zoisite, vesuviana.

I minerali metallici (magnetite, blenda, galena, pirite) sono normalmente associati agli skarn, e presentano una chiara paragenesi temporale e spaziale. La magnetite è contemporanea ai minerali da metamorfismo, e ricorre unicamente a ridosso della zona di frattura. Seguono nell'ordine blenda e galena.

E' presente però anche pochissima galena precedente questi ultimi minerali. Essi sono insediati in microfratture che troncano skarn e magnetite. Il quarzo accompagna generalmente i minerali metallici. Inoltre esistono anche manifestazioni a galena con quarzo e barite a distanza di qualche centinaio di metri dal contatto mineralizzato ora descritto.

Queste manifestazioni sono insediate lungo talune fratture del banco carbonatico. Il calcare dolomitico e gli scisti che lo incassano, al di fuori di tali fratture, non contengono Pb e Zn in tenori diversi da quelli che caratterizzano tutta la provincia geochimica, e cioè dell'ordine di qualche p.p.m.

La blenda è presente in due tipi: con e senza smistamenti di calcopirite; in ogni caso è alquanto marmatitica. La pochissima pirite è ubiquitaria.

In base ai dati suesposti ci pare di essere in presenza di un classico esempio di mineralizzazione pneumatolitica — idrotermale di età ercinica, i cui elementi metallici sono da considerare juvenili. Dubbia rimane la genesi della pirite, peraltro assai rara; non si può escludere che sia, almeno in parte, sedimentare.

Il tenore in elementi accessori è simile a quello che si riscontra nei giacimenti mesotermali, con rapporto Ag/Pb dell'ordine di 300-400 g/ton; rapporto Sn/Pb di circa 1000 g/ton; assente l'As e presenti in tracce Sb e Bi.

* * *

Non sostanzialmente diversa è la situazione di Morettu, Siderio Boi, Sa Palma, S. Luca di Teulada e Rio Masoni. Tutti e cinque questi giacimenti sono insediati in queste condizioni: 1°) in prossimità del batolite granitico (i primi quattro) o di sue differenziazioni litoidi (il

quinto); 2°) entro banchi di calcare o calcescisto termometamorfici; questi fanno parte della serie di alternanze che segna il passaggio fra una poderosa serie scistoso-arenacea cambrica e un complesso carbonatico, pure cambrico, che la ricopre; 3°) all'intersezione con zone di frattura ercinica.

La concordanza a grande scala è sempre verificata; a piccola scala e in scala microscopica si ha ancora prevalenza di strutture concordanti.

Sono occasionalmente presenti strutture da sedimentazione, sotto forma di stratificazione convoluta, e riempimenti di fratture diagenetiche.

La correlazione fra mineralizzazione e metamorfismo è anche qui evidente e assai stretta. Essa si manifesta con un massimo di metamorfismo e di mineralizzazione presso l'intersezione fra banchi carbonatici e zone di frattura ercinica talvolta riempita da quarzo filoniano. Per converso a distanza da tali intersezioni, si passa a roccia carbonatica sterile non metamorfica o a metamorfismo appena incipiente. La correlazione non è però biunivoca, poichè si hanno banchi metamorfici sterili, mentre non si ha mai mineralizzazione senza metamorfismo.

La mineralizzazione metallica è piuttosto complessa, e presenta la seguente successione paragenetica: magnetite ed ematite, (pene-contemporanee ai silicati da metamorfismo, e con trasformazioni dell'una nell'altra); posteriori ad essi: galena I (poca); pirite; blenda I, spesso — ma non sempre — con smistamenti di calcopirite, e sempre un po' marmatitica (essendo 4-6% il rapporto molecolare $FeS : ZnS$). Seguono ancora galena II, che costituisce la maggior parte della galena presente nei giacimenti, e che talvolta presenta smistamenti di tetraedrite; ed, in alcuni casi, pochissima blenda II, senza smistamenti, o di tipo colloidale.

Al di fuori delle zone mineralizzate e metamorfiche il tenore in Pb e Zn cade ai livelli di qualche p.p.m., e cioè al valore di plafond regionale. La pirite, in rari minutissimi granuli, nebuliticamente dispersi nella massa rocciosa, ricorre invece anche a distanza, particolarmente nei letti marnosi dei banchi carbonatici contenenti residui organici diagenizzati. Si può pensare quindi che questa pirite (e quindi anche parte di quella che s'incontra nei giacimenti) sia sin-sedimentare.

Ma per gli altri metalli, ci pare di poter escludere questa ipotesi e di poter invece ritenere di essere in presenza di una deposizione pneumatolitico-idrotermale, in zona da peri ad apomagmatica, con sostituzione selettiva nei banchi carbonatici, lungo faglie alimentatrici.

Di scarsa utilità ci è stata — agli scopi di questa diagnosi — la distribuzione degli elementi accessori (Ag, Bi, Sb, Cd), che si è rivelata capricciosa e ampiamente variabile da pochi grammi a qualche centinaio o migliaia di grammi di ciascun elemento per tonnellata di Pb + Zn.

* * *

Il giacimento di *Campo Pira*, è insediato in un banco metamorfico di limitatissima estensione. Esso fa parte di un orizzonte a calcari-calcescisti esteso in direzione, ma limitato secondo la potenza, che ricorre circa a metà della poderosa serie scistoso-arenacea cambrica del Suleis.

Frequenti le faglie che portano limitate dislocazioni alla formazione. Queste faglie appaiono sterili, ed anzi almeno qualcuna di esse, si deve essere formata o rimossa in tempi relativamente recenti, dopo comunque la messa in posto della mineralizzazione.

Questa ha la seguente composizione:

- 1) pirite, sia sotto forma di granuli cribrosi di piccole dimensioni, sia sotto forma di cubi con lato di qualche mm a facce perfette e lucenti;
- 2) blenda, con vistosi smistamenti di calcopirite;
- 3) galena.

Sia la blenda che la galena sono generalmente associate a quarzo in vene che attraversano il banco mineralizzato. Questo è costituito da un'associazione di pistacite, clorite, quarzo granulare (ben diverso dal quarzo in vene che s'accompagna alla mineralizzazione utile), rara sericite e sporadica calcite.

Il banco è a tratti fratturato e arricciato; in tali zone, aumenta la grana dei silicati e aumenta l'incidenza dell'epidoto, e inoltre ivi si concentra la mineralizzazione, specie quella a blenda e a galena, mentre la pirite ricorre indifferentemente sia in zona di frattura che lungo i piani di stratificazione.

Anche in questo caso, come per i precedenti, gli smistamenti di CuFeS_2 nella blenda indicano che — almeno ad un certo momento della sua storia — la mineralizzazione ha toccato temperature di qualche centinaio di gradi per poi raffreddare lentamente. La presenza di prevalenti strutture discordanti nella deposizione dei solfuri di Pb e di Zn, indicano chiaramente che essi si sono distribuiti epigeneticamente entro il banco che li ospita. L'associazione della blenda e della galena con

l'aumento della grana dei silicati neoformati e la loro locale variazione di composizione lungo le zone di frattura e negli arricciamenti indica una correlazione fra le vie di possibile circolazione di convogli, l'andamento del metamorfismo, e la deposizione di blenda e di galena.

Tutto questo assieme di informazioni sembra deporre a favore di un'ipogenesi pneumatolitico-idrotermale, ma non si può trascurare di dire che mancano evidenti, sicure correlazioni con le masse magmatiche.

Nè in particolare si può dire se i silicati neoformati si siano prodotti per termo-metamorfismo puro di un sedimento originario di tipo arenaceo-marnoso, oppure vi abbia contribuito un certo apporto di materia ipogenica.

Nè, quindi, si può dire se gli elementi metallici erano già nel sedimento prima dell'azione metamorfica o se sono stati introdotti con la medesima (o subito dopo di essa).

L'unico argomento a favore di questa seconda possibilità consiste nella constatazione che, lungo tutto l'orizzonte calcareo-calcescistoso di cui fa parte Campo Pira, e nelle formazioni che lo incassano, si ha sempre tenore bassissimo in Pb e Zn (dell'ordine delle p.p.m.) corrispondente al plafond regionale. Solo a tratti, e sempre in corrispondenza di zone termo-metamorfiche si hanno adunamenti di quei solfuri (anche se di limitato cubaggio).

In definitiva dunque, sulla scorta dei dati di osservazione disponibili, si possono avanzare due ipotesi:

1) che il giacimento sia giunto alla sua configurazione attuale per concentrazione (lungo fratture o in zone di arricciamento) di elementi metallici, già esistenti in esso o nel suo intorno e probabilmente quindi singenetici ai sedimenti. Causa di questo arricchimento potrebbe allora essere il termometamorfismo.

2) Che si tratti di una deposizione ipogenica di tipo pneumatolitico-idrotermale classica.

L'influenza decisiva del termo-metamorfismo nel dare al giacimento il suo attuale assetto e la sua attuale composizione ci sembra fuori di ogni ragionevole dubbio. Ma oltre a tale conclusione non ci pare logico andare, senza introdurre qualche ipotesi che, per quanto logica, non potrebbe essere controllata in base ai dati di osservazione.

BIBLIOGRAFIA

- (1) AMMI - *Giornate di studio sulle ricerche geo-giacimentologiche*. Industria Mineraria 1961.
- (2) AMSTUTZ G. C. - *Syngenetic zoning in ore deposits*. Proceeding of the Geological Association of Canada, 1959.
- (3) AMSTUTZ G. C. - *Space, time and symmetry in zoning*. Symposium problems of post-magmatic Ore Deposition, I, 1963.
- (4) AMSTUTZ G. C. - *Massive Sulphide Deposits: Origin and Genesis*. Symposium on Massive Sulphide Deposits; Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1959.
- (5) AMSTUTZ G. C. - *L'origine des gites minéraux concordants dans les roches sédimentaires*. Chronique des Mines n. 308. Parigi 1962.
- (6) BASTIN E. S. - *Interpretation of Ore Textures*. The Geological Society of America, Memoir 45, 1957.
- (7) BIANCHINI A. SALVADORI I. - *La prospezione geochimica*. L'Industria Mineraria, 1957.
- (8) BOYLE R. W. - *The geochemistry and origin of carbon dioxide, water, sulphur, and boron in the yellowknife gold deposits, northwest territories*. Canada Bull. of the Society of Econ. Geology, Vol. 51, 1956.
- (9) BREGER I., DEUL M., RUBINSTEIN S. - *Geochemistry and mineralogy of a uraniumiferous lignite*. Econ. Geology, 1955.
- (10) BREGER I. DEUL M., MEYROWITZ R. - *Geochemistry and mineralogy of uraniumiferous subbituminous coal*. Economic Geology. I, 1955.
- (11) DI COLBERTALDO D. - *Studi geominerari su alcuni giacimenti del Trentino*. Economia Trentina, 1964.
- (12) EDWARDS A. B. - *Textures of the Ore Minerals*. Melbourne 1954.
- (13) KULLERUD G. - *The FeS—ZnS system: a geological thermometer*. Norsk. Geol. Tidsskr, XXXII, 1953.
- (14) KUTZNETSOV S. I. - *Geologic activity of microorganisms*. U.R.S.S. Academy of Science, Mosca 1961.
- (15) PERREIRA I. - *Reflections on Ore Genesis and Exploration*. Mining Magazine, 1963.
- (16) SHROCK R. - *Sequence in layered Rocks*. New York 1948.
- (17) TAMAYO E. - *Sur la présence de la pyrotite de neo-formation dans les argilles sédimentaires de Sicile*. Bull. Soc. Geol. Franc. 6th 1955.
- (18) ZUFFARDI P., SALVADORI I. - *Supergene sulphides and sulphates in the supergene zones of sulphide ore deposits*. Sedimentology and ore genesis. Vol. 2, 1964.