

IDA VENERANDI PIRRI \*

## LA PARAGENESI A Zn, Pb, Ni, Sb, Cu, Fe, Sn, Co DELLA VAL DI LASA \*\*

RIASSUNTO. — Il lavoro ha per oggetto lo studio minerografico di una mineralizzazione polimetallica prevalentemente piombo-zincifera affiorante in Val di Lasa (Val Venosta), sul versante occidentale della Croda Jenne a q. m. 2250.

L'orizzonte mineralizzato, potente 1-2 m, è compreso entro una «zona di alternanze» tra la formazione dei paragneiss e la formazione delle filladi del basamento cristallino austridico ed è legata a una facies prevalentemente quarzifica al passaggio tra un micascisto filladico e una lente di marmo.

La paragenesi è costituita da blenda, galena, accompagnate da pirrotina, pentlandite, calcopirite, calcopirrotina, pirite, marcasite, bournonite, boulangerite, tetraedrite, ullmannite, millerite, linneite, cobaltina, stannite.

La mineralizzazione mostra uno stretto legame spazio-temporale con la roccia metamorfica incassante. Il metamorfismo ha modificato i rapporti tra i minerali originari dando luogo al formarsi di tessiture di smistamento e di trasformazione. Interessante la presenza di calcopirrotina, dell'associazione pirrotina-pentlandite e di strutture di tipo «mirmekitico» tra boulangerite-calcopirite-blenda-pirrotina-ullmannite in galena che vengono considerate da vari Autori come fattori indicativi di media o alta temperatura di formazione.

Riguardo tuttavia al grado metamorfico, dati precisi derivano soltanto dallo studio petrografico delle formazioni metamorfiche del basamento cristallino austridico per le quali vengono indicate (GREGNANIN e PICCIRILLO, 1974) condizioni di metamorfismo di 4-5 Kb e 545-560° C.

Un confronto tra la mineralizzazione di Lasa e quella di Annaberg e S. Martino di Monteneve, anch'esse incassate nel basamento cristallino austridico, ha rivelato una certa individualità della paragenesi di Lasa, caratterizzata dalla relativa frequenza di microparagenesi a Ni-Fe-Sb-Cu e dalla totale assenza di Ag e As, presenti invece con una certa abbondanza tanto ad Annaberg quanto a Monteneve.

ABSTRACT. — The present paper concerns the minerographic study of a polymetallic dominantly Zn-Pb bearing horizon. This horizon outcrops in Lasa Valley (Venosta Valley) on the western side of Croda Jenne, 2250 m over the sea.

The ore bearing horizon, 1-2 meters thick, is comprised within a transitional zone between the paragneiss and phyllites complexes into the Austridic crystalline basement. This transitional zone comprises many lithotypes such as marbles, amphibolites and sometimes quartzites, with sometimes phyllitic micascists; the ore strictly links with a quartzitic facies passing to a marble level.

The ore paragenesis consists fundamentally of sphalerite and galena, with some pyrrhotite, pentlandite, chalcopyrite, chalcopyrrotite, pyrite, marcasite, bournonite, boulangerite, tetraedrite, ullmannite, millerite, cobaltite, stannite.

The ore paragenesis exhibits a time- and stratabound connection with the metamorphic country rock. The metamorphic events modified the original paragenesis producing new exsolution and decomposition structures.

The occurrence of chalcopyrrotite, the pyrrhotite-pentlandite association, the «myrmekitic» intergrowths among boulangerite-chalcopyrite-sphalerite-pyrrhotite-ullmannite into galena, are considered by many Authors of medium or high temperature.

\* Istituto di Mineralogia, Petrografia, Geochimica e Giacimenti Minerari, Università degli Studi, via Botticelli 23, 20133 Milano. \*\* Lavoro eseguito con il contributo del «Progetto finalizzato Geodinamica».

According to the petrographic investigation on the Austridic crystalline basement, that only can provide reliable informations, the metamorphic grade suggests (GREGNANIN & PICCIRILLO, 1974) environmental conditions of 4.5 Kb, 545-560° C.

In order to elucidate their possible microparagenetic relationships, a comparison has been operated between Lasa and the others two Pb-Zn ore deposits Annaberg and S. Martino of Monteneve, comprised into the Austridic, crystalline basement. A certain individuality in the Lasa ore assemblage emerged, that can be summarized by frequent occurrence of Ni-Fe-Sb-Cu microparagenesis and an utter lack of Ag and As, comparatively so frequent both at Annaberg and Monteneve.

Il presente lavoro ha per oggetto lo studio minerografico di una mineralizzazione polimetallica affiorante in Val di Lasa, una laterale destra della media Val Venosta, sul versante occidentale della Croda Jenne/Jennewand, a q. m 2250.

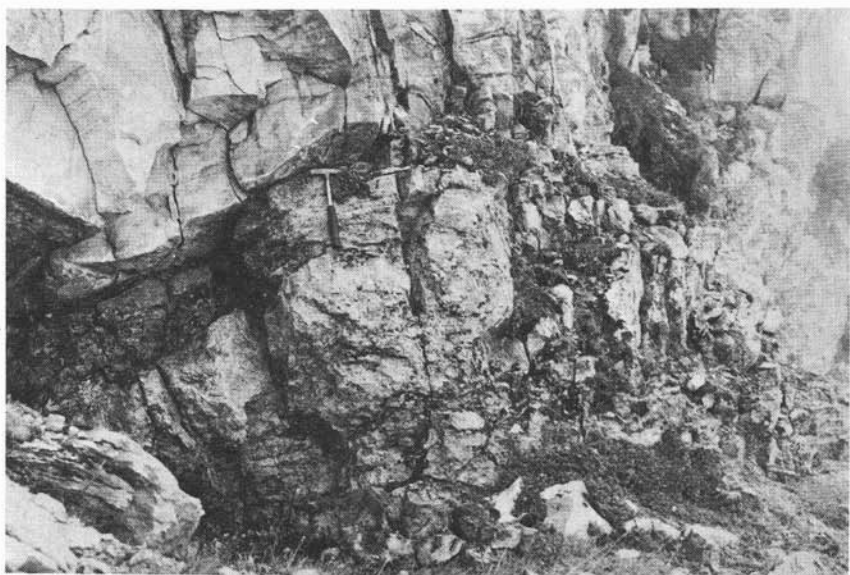


Fig. 1. — L'orizzonte mineralizzato legato a una facies prevalentemente quarzítica al passaggio tra micascisto filladico e marmo. Croda Jenne, q. m 2250. (Foto BRIGO, 1975).

Questa mineralizzazione si trova entro una « zona di alternanze » tra la formazione dei paragneiss e la formazione delle filladi del basamento cristallino austridico (GREGNANIN, comunicazione personale). Tale zona comprende livelli di marmi, anfiboliti e talora quarziti, con micascisti, micascisti filladici e paragneiss e la mineralizzazione è legata a una facies prevalentemente quarzítica al passaggio tra un micascisto filladico e il marmo.

L'orizzonte mineralizzato ha una potenza variabile da 1 a 2 metri (fig. 1) e la mineralizzazione appare essenzialmente costituita da blenda e galena.

Dalle annotazioni bibliografiche sono noti altri affioramenti che fanno pensare a una certa continuità dell'orizzonte metallifero (BRIGO, 1976).

Al microscopio la roccia mineralizzata è rappresentata da una quarzite sericitico-carbonatica con accessori rutilo, ilmenite, apatite e tormalina, facente passaggio graduale a un marmo per l'interporsi sempre più frequente di livelli microscopici di quest'ultimo litotipo. Piccole sferule di grafite a struttura fibroso-raggiata sono sparse qua e là, sia nella roccia quarziteica che in quella carbonatica.

La mineralizzazione è prevalentemente legata alla quarzite (fig. 2) talora tettonizzata e/o milonitizzata e diminuisce progressivamente al passaggio verso il marmo.

### Studio minerografico

L'apparente semplicità della paragenesi rilevabile macroscopicamente contrasta con i dati emersi dallo studio minerografico che ha permesso di definire un'associazione mineralogica ricca e complessa costituita essenzialmente da *blenda* e *galena*, accompagnate da *pirrotina*, *pentlandite*, *calcopirite*, *calcopirrotina*, *pirite*, *marcasite*, *bournonite*, *boulangerite*, *tetraedrite*, *ullmannite*, *millerrite*, *linneite*, *cobaltina*, *stannite*; tra i minerali di alterazione si notano *covellina*, *cerussite* e *smithsonite*.

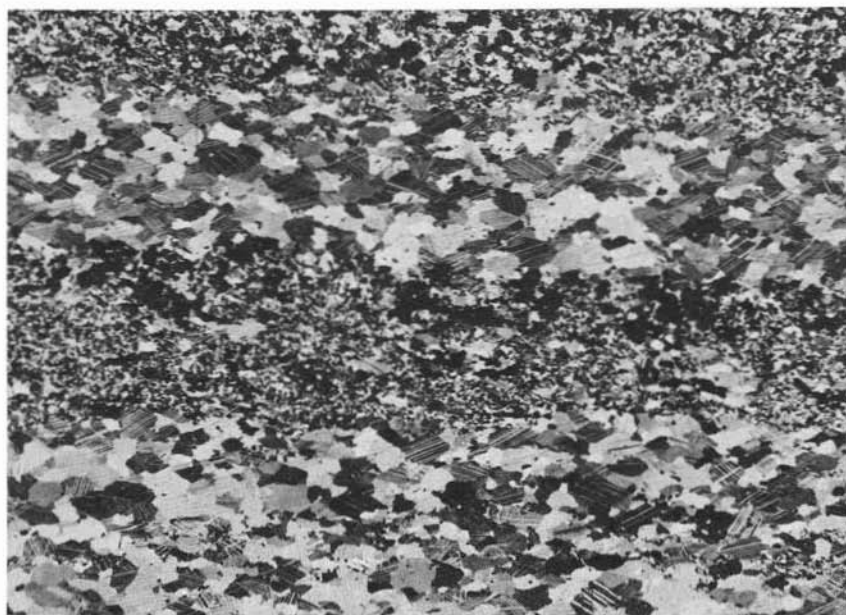


Fig. 2. — La foto illustra l'aspetto microscopico della mineralizzazione nella « zona di alternanze » quarzite-marmo. I minerali metallici (qui opachi) sono prevalentemente legati ai letti di quarzite, mentre il marmo è pressochè sterile. - Microfotografia di un'intera sezione sottile, Nicol +, 3,5 x.

### *Blenda*

Compare in plaghe irregolari talora sinuose o frastagliate insinuanti lungo i margini dei cristalli della roccia e costituite da aggregati policristallini. Si tratta

di una blenda bruna cristallina in lamelle di geminazione che spesso si presentano leggermente anisotrope.

Oltre a inclusi vari, si notano abbastanza frequentemente nella blenda degli smistamenti di diversi minerali. Oltre a quelli più comuni di calcopirite sotto forma di piccole plaghe tondeggianti, si trovano infatti non di rado degli smistamenti di pirrotina orientati in certi casi lungo i piani strutturali del minerale ospite oppure di stannite in minuscoli ovoidi o in plaghette irregolari o in sciami di sottili lamelle disposte per lo più lungo il margine delle plaghe.

Nei suoi rapporti con la galena, la blenda si comporta apparentemente come minerale sostituyente; in realtà le forme dei granuli dei due minerali sembrano dipendere dai rapporti quantitativi delle due fasi blenda/galena, come suggerito da STANTON (1972) e come ha dimostrato l'attacco chimico di struttura.

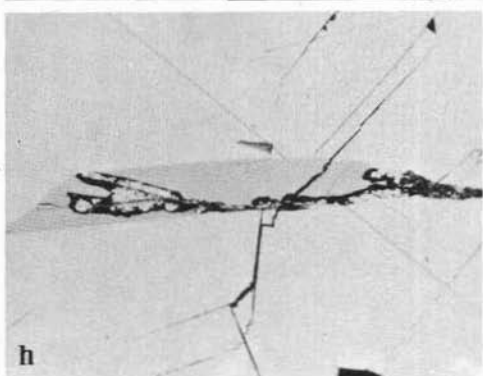
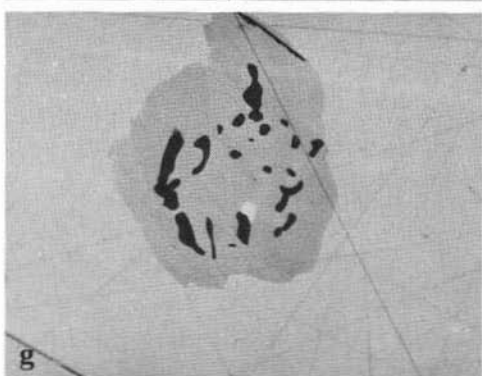
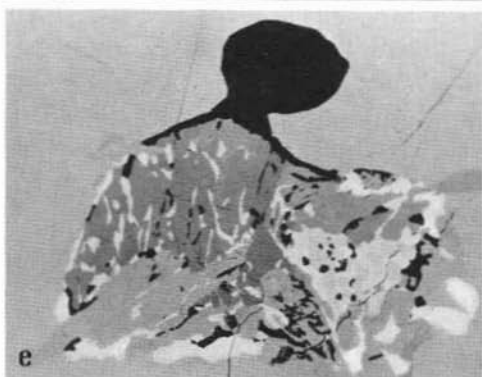
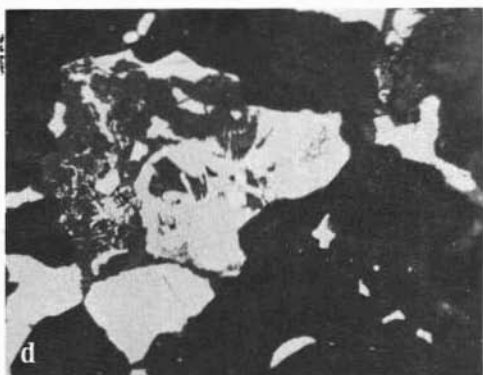
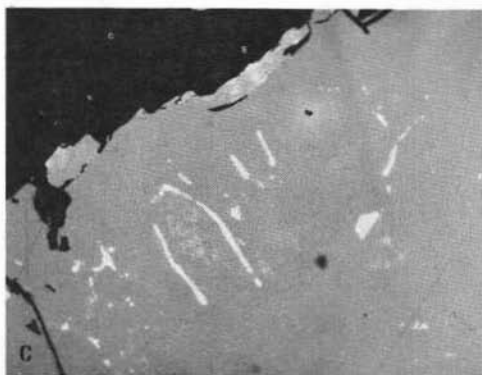
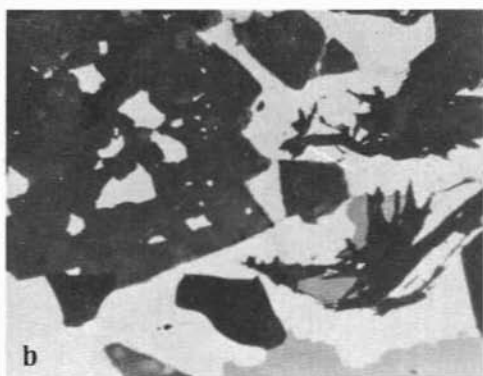
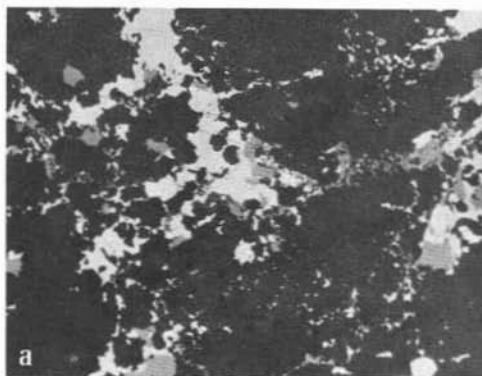
Presenta spesso tessitura pecilitica con inclusioni di calcopirite, galena e pirrotina talvolta disposti « a ghirlanda » e interpretabili come segregazioni intergranulari per ricristallizzazione.

### Galena

Questo minerale si accompagna, come s'è detto, alla blenda e ricorre nella roccia con le medesime tessiture di quella. Dal punto di vista ottico non rivela anomalie. È invece caratterizzata dalla presenza di inclusi, sia di minerali singoli tipo boulangerite o bournonite, sia di aggregati complessi di tipo mirmechitico di boulangerite + blenda ± calcopirite ± ullmannite ± pirrotina (fig. 3 e, f). Si tratta di aggregati tondeggianti da considerarsi verosimilmente come smistamenti o prodotti di reazione formati durante la cristallizzazione metamorfica.

La galena viene sostituita da cerussite e covellina in finissimi aggregati.

Fig. 3. — *Micrografie di sezioni lucide.* - a) Distribuzione intergranulare dei solfuri (galena, grigio chiaro e blenda, grigio scuro) nella roccia quarzifica. I Nicol, 50 x circa. b) La foto dimostra l'intima connessione tra i minerali metallici (blenda, grigio chiaro; galena, bianco) e quelli della roccia incassante (silicati, quasi nero; carbonati, grigio scuro), sviluppatasi durante il processo di ricristallizzazione metamorfica. Si noti come i fillosilicati risultino deformati. I Nicol, 100 x circa. c) Smistamenti di stannite (grigio chiaro) in blenda. I Nicol, imm., 180 x circa. d) Plaga di linneite sostituita profondamente da un minerale carbonatico (leggermente meno scuro del quarzo circostante) e probabilmente dalla millerite in essa contenuta (grigio chiaro). Le altre plaghe di minerale sono costituite da galena (qui della stessa tonalità della linneite). I Nicol, imm., 230 x circa. e) Nel campo chiaro costituito da galena, si può osservare un concrescimento « mirmechitico » di boulangerite (grigia, in lamelle pleocroiche), blenda (nero), calcopirite (bianco) e ullmannite in cristalli subidiomorfi entro la più estesa plaga di calcopirite. L'ullmannite risulta più scura in quanto « contrastata » dalla calcopirite grazie al suo maggior rilievo. I Nicol, imm., 150 x circa. f) Concrezione « mirmechitico » tra boulangerite (grigia pleocroica), calcopirite (bianca) e blenda (nera), entro la galena (campo chiaro). La blenda è meglio osservabile nella zona superiore sinistra dell'aggregato, mentre in quella inferiore si confonde con il minerale di ganga anch'esso nero. I Nicol, imm., 230 x circa. g) Bournonite (in lamelle di geminazione) in concrescimento mirmechitico con blenda (grigio scuro) e calcopirite (bianco) per probabile reazione tra un'originaria tetraedrite e galena. Il campo chiaro è costituito infatti da galena. I Nicol, imm., 180 x circa. h) Nel campo grigio chiaro costituito da galena si osserva un cristallo idiomorfo di boulangerite all'interno del quale, per effetto dell'alterazione, si è formata della galena in minuti cristalli lungo « canali » intersecantisi. I Nicol, imm., 160 x circa.



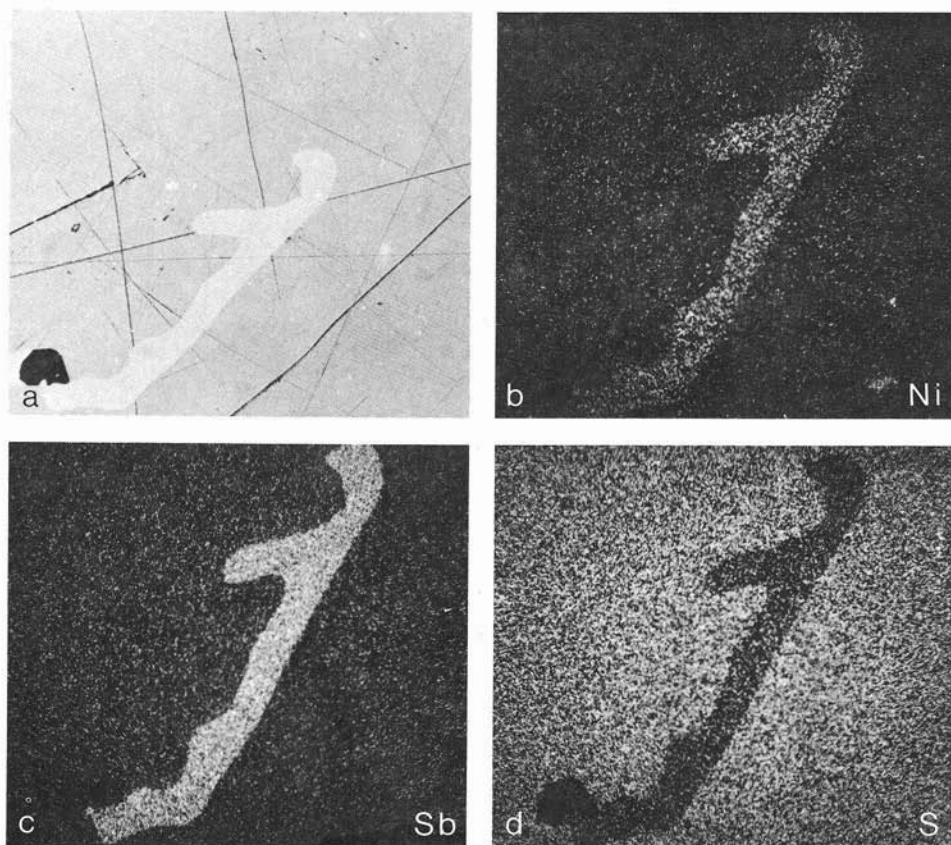


Fig. 4. — *a*) Nel campo grigio costituito da galena, individuo di ullmannite (sez. lucida, 1 Nicol). Le foto *b*), *c*), *d*) illustrano rispettivamente la distribuzione dei tre elementi Ni, Sb, S. - Scanning effettuato con JEOL/SM-V3, 150 x circa.

#### *Pirrotina*

Questo minerale è presente in piccole plaghe per lo più incluse nella blenda e più raramente nella galena e associate a pentlandite o ad altri minerali.

#### *Pentlandite*

La pentlandite si associa normalmente alla pirrotina che spesso sostituisce parzialmente, ma anche a millerite e calcopirrotina.

#### *Calcopirite*

La calcopirite è costantemente presente nella mineralizzazione, ma sempre assai subordinata percentualmente. Compare sia in piccole plaghe isolate nella roccia, sia nella blenda, sia nella galena. Nella blenda ricorre nelle forme già citate, ma più frequentemente è associata a minerali di Cu, Fe, Ni.

Nella galena compare anche nei sopraddetti concrescimenti mirmechitici con boulangerite + blenda  $\pm$  ullmannite  $\pm$  pirrotina.

Otticamente la calcopirrite non presenta anomalie. Riconoscibile nelle plaghe più grandi la tipica struttura a lamelle di geminazione.

### *Calcopirrotina*

La calcopirrotina si è riscontrata abbastanza raramente, associata a pentlandite e/o millerite e/o calcopirrite.

Facilmente confondibile con la pirrotina, essa se ne discosta però per il suo colore più bruno, per il rilievo moderato e per la perfetta isotropia.

Non è facile ritrovare questo minerale, data la sua instabilità a  $t^{\circ}$  ambiente. La sua persistenza sembra dovuta, secondo vari Autori, alla presenza di Ni. Nel nostro caso, sebbene l'analisi qualitativa effettuata con JEOL/SM-V3 non sia stata in grado, per il limite stesso dello strumento, di rivelare eventuali tracce di Ni, la stretta associazione con minerali nicheliferi, quali appunto la pentlandite e la millerite (fig. 5 *b, e*) potrebbe forse spiegare questa persistenza della calcopirrotina.

Non v'è accordo, tra gli Autori che se ne sono occupati, circa la nomenclatura, nè la composizione di questo minerale. Taluni ne negano addirittura l'esistenza, come specie a sè stante.

Per Ramdohr (1975), comunque sia, la calcopirrotina è un cristallo misto di calcopirrite cubica di alta temperatura e di un certo numero di molecole di FeS in rapporto variabile da 1:1 a 1:6. Anche la « cubanite II », già da lui stesso definita come cubanite isotropa, sarebbe riferibile, sempre da Ramdohr, a una calcopirrotina con eventuali lamelline di calcopirrite.

Secondo KULLERUD invece, la calcopirrotina non sarebbe altro che una « cubanite cubica », affermazione criticata da RAMDOHR (1975) come una contraddizione in termini.

GENKIN et al. (1966), pur portando un contributo alla conoscenza delle cubaniti, col definire attraverso studi strutturali e analisi quantitative alla microsonda l'esistenza della fase cubica della cubanite, non chiariscono però la loro posizione riguardo alla distinzione tra calcopirrotina e cubanite cubica.

È da sottolineare in ogni caso che tutti gli Autori che si sono interessati del problema sono concordi nell'affermare che si tratta di un minerale di temperatura relativamente elevata.

### *Pirite*

È abbastanza comune in idioblasti generalmente tardivi (fig. 5 *g, h*), spesso pecilittici talvolta zonati, con aureole o zone a struttura cribrosa.

La composizione della pirite non è costante, a quanto almeno risulta dall'osservazione dei suoi caratteri ottici. Essa può presentare infatti un colore di riflessione con sfumature rosa che la fa ascrivere a termini nicheliferi; inoltre le varie zone di accrescimento presentano colore e rilievo diversi, indice di una variabilità di composizione.

*Marcasite*

Ricorre in cristalli prismatici aggregati a ventaglio associati a pirite.

*Bournonite*

Non molto frequente, ricorre come la boulangerite esclusivamente entro la galena nella quale per lo più si trova in concrescimenti mirmechitici con la blenda (fig. 3 g), accompagnata da scarsa calcopirite.

Per analogia con quanto illustrato da RAMDOHR (1975), una tale associazione potrebbe esser derivata da un'originario aggregato di « tetraedrite + meneghinite » divenute instabili durante il metamorfismo che ha interessato la serie. Sempre RAMDOHR descrive dei concrescimenti mirmechitici di blenda + bournonite derivati da un'associazione « tetraedrite + galena », del tutto analoghi a quelli da me ritrovati; l'eventuale calcopirite presente sarebbe in tal caso da considerare come semplice incluso.

Otticamente la bournonite si distingue dalla boulangerite per il meno marcato pleocroismo e per la caratteristica struttura a lamelle di geminazione « a parquet ».

*Boulangerite*

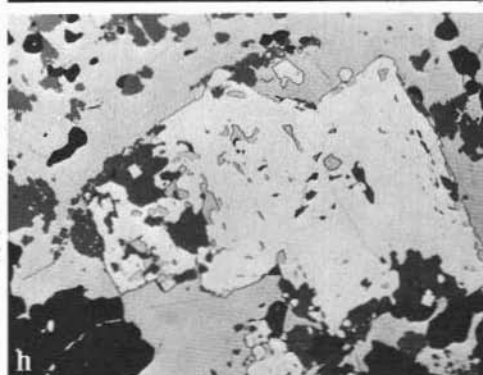
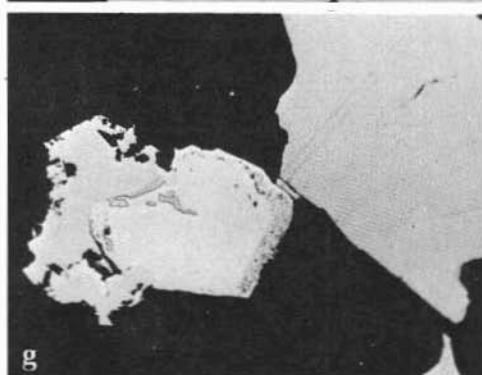
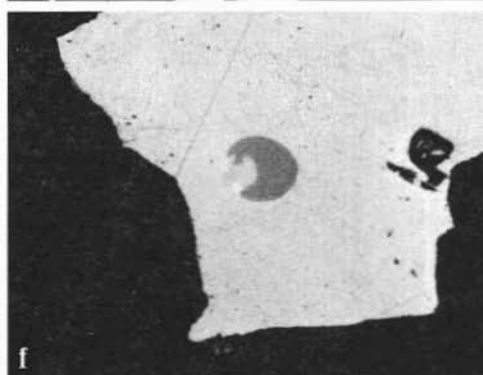
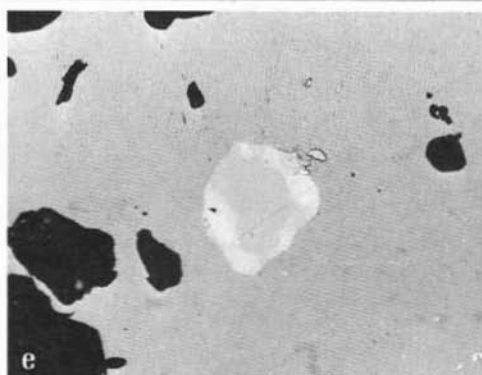
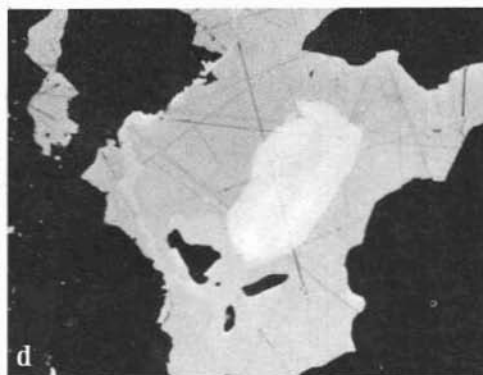
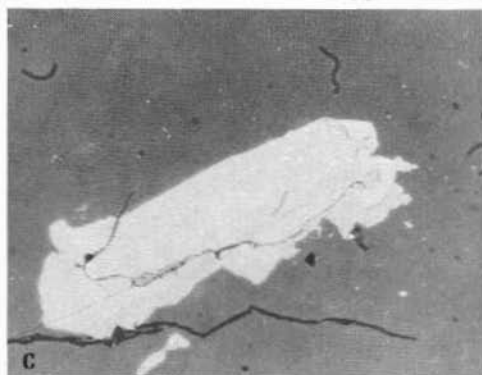
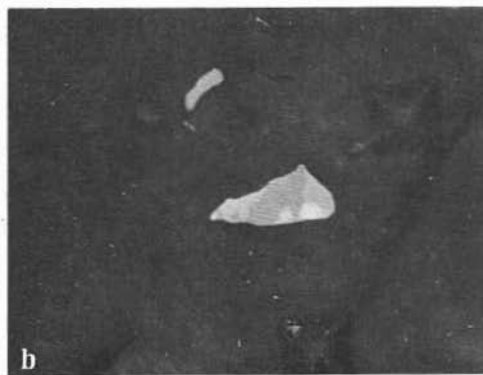
Questo minerale si trova sempre come incluso nella galena nella quale compare o in singole lamelle o in aggregati di più individui oppure ancora sotto forma di concrescimenti mirmechitici con blenda  $\pm$  calcopirite  $\pm$  ullmanite  $\pm$  pirrotina.

*Tetraedrite*

Presente in tracce, la tetraedrite compare in piccole plaghe isolate associata o a pirrotina o a bournonite e calcopirite (fig. 5 f).

Fig. 5. — *Micrografie di sezioni lucide.* - a) Smistamenti di pentlandite (bianco) in pirrotina nella quale per effetto del pleocroismo si riconosce una struttura a lamelle. 1 Nicol, imm., 300 x circa. b) Aggregato di calcopirrotina (zona centrale grigia), millerite (grigio chiaro), pentlandite (grigio intermedio) in blenda (campo grigio scuro). 1 Nicol, 300 x circa. c) Nella blenda (campo grigio) si osserva un aggregato di pentlandite (plaga allungata grigio chiara al centro), calcopirite (orlo grigio chiaro lungo il margine inferiore della pentlandite) e ullmannite (plaga bianca nella parte superiore destra dell'aggregato). 1 Nicol, 750 x circa. d) Aggregato di minerali di nichel nella galena (plaga grigia): al centro millerite (bianca) avente al margine superiore una plaga allungata di linneite e al margine inferiore sinistro una plaga irregolare di ullmannite che si estende con andamento « veniforme » al margine della galena. 1 Nicol, imm., 230 x circa. e) Plaga di calcopirrotina (grigio) e millerite (bianco) con pirite in fini aggregati di cristalli (bianco in rilievo). Il campo grigio, qui contrastato, è galena. 1 Nicol, imm., 300 x circa. f) Aggregato sferulare di tetraedrite (grigio scuro), bournonite (grigio medio) e calcopirite (bianco) in galena (grigio chiaro). 1 Nicol, imm., 300 x circa. g) Pirite cristallina tardiva (bianca con zona di accrescimento marginale) cresce a spese di un aggregato di galena (grigia), ullmannite (grigio molto chiaro al margine esterno verso la ganga) e calcopirite (grigio intermedio). In particolare si può notare come il processo di sostituzione della pirite riguardi soprattutto la galena che viene interessata da manovra « a tenaglia » e l'ullmannite, mentre non riguarda la calcopirite. L'ullmannite viene poi sostituita marginalmente da minerali della ganga. 1 Nicol, imm., 180 x circa. h) Pirite idioblastica cresce a spese della mineralizzazione a blenda (grigio) e galena (grigio chiaro). 1 Nicol, 50 x circa.





### *Ullmannite*

L'ullmannite compare prevalentemente nella galena e più raramente nella blenda.

Entro la galena ricorre generalmente isolata in plaghe irregolari di forma ameboidi che presentano spesso delle apofisi o digitazioni disposte lungo due piani tra loro paralleli, probabilmente direzioni cristallografiche del minerale ospite (fig. 4 *a*).

Più raramente l'ullmannite si trova entro aggregati mirmechitici di blenda + + boulangerite + calcopirite (fig. 3 *e*) e in tal caso presenta abito tendenzialmente idiomorfo.

Entro la blenda l'ullmannite si associa a pentlandite, calcopirite e/o millerite (fig. 5 *c*); neppure in tal caso presenta abito idiomorfo, ma le plaghe non hanno le forme riscontrate nella galena.

L'analisi qualitativa e la relativa mappa di distribuzione dell'ullmannite in queste forme insolite hanno rispettivamente dimostrato la presenza e illustrato la distribuzione dei tre elementi Ni, Sb, S (fig. 4).

Forme irregolari di ullmannite in galena sono segnalate da PAGEL (1975) anche nel giacimento di Monteneve, ma in quel caso l'ullmannite contiene anche Co (vicariante di Ni al 50 %).

### *Millerite*

Questo minerale si accompagna a pentlandite, calcopirrotina, linneite, pirrotina, ma può presentarsi anche in plaghe o in xx isolati (fig. 5 *b, d, e*). La millerite può sostituire la linneite a essa associata (fig. 3 *d*).

### *Linneite*

In plaghe o in xx tendenzialmente idiomorfi, la linneite si associa quasi costantemente a millerite da cui viene sostituita. In taluni casi si è osservata un'intima associazione della linneite con un carbonato, forse siderite (fig. 3 *d*).

### *Cobaltina*

In rari cristalli dal caratteristico colore rosato, la cobaltina è presente nella mineralizzazione quale incluso nella blenda.

### *Stannite*

Questo minerale ricorre esclusivamente entro la blenda, sotto forma di minuscole gocce o lamelle di smistamento distribuite senza apparente regolarità (fig. 3 *c*).

## **Osservazioni conclusive**

La mineralizzazione mostra uno stretto legame spazio-temporale con la roccia metamorfica nella quale si trova incassata. Nel suo insieme essa presenta una tessitura stratiforme con bande ritmiche che riflettono la tessitura del sedimento originario costituito da letti quarziticci mineralizzati e letti carbonatici sterili.

Il metamorfismo che ha interessato la serie ha impresso la sua impronta su tale originaria tessitura del sedimento, determinando un processo di ricristallizzazione che ha dato luogo anche a mobilitazione su scala millimetrica e a tessiture di microimplicazione tra minerali metallici e minerali della roccia.

Ma, se l'evento metamorfico non ha sostanzialmente modificato l'assetto della mineralizzazione, esso ha invece influenzato i rapporti tra i singoli minerali dando luogo anche al formarsi di nuove associazioni. Intendo parlare delle tessiture di smistamento e di trasformazione. Smistamenti semplici, cioè senza apporto di sostanza, sono verosimilmente da considerarsi calcopirite, stannite o pirrotina nella blenda; prodotti di trasformazione di altri minerali sono da considerarsi invece quei concrescimenti « mirmechitici » di blenda + boulangerite  $\pm$  calcopirite  $\pm$  ullmanite  $\pm$  pirrotina nella galena.

Tali aggregati potrebbero esser dovuti alla scomposizione e successiva riorganizzazione, per reazione con la galena circostante, di un'originaria tetraedrite.

Secondo quanto riportato da RAMDOHR sui dati chimici riguardanti questo minerale, Zn e Fe e in parte Ni possono esser presenti nella tetraedrite come elementi vicarianti di Cu. Tale ipotesi potrebbe esser sostenuta dalla pressochè totale assenza di tetraedrite in una paragenesi pur relativamente ricca di Cu e Sb.

In alternativa, anzichè di un'ipotetica tetraedrite, potrebbe trattarsi di una diversa associazione di minerali i cui elementi costituenti avrebbero subito una riorganizzazione isochimica per effetto del metamorfismo.

Riguardo al grado metamorfico, dati precisi vengono dallo studio petrografico delle formazioni metamorfiche del basamento cristallino austridico per le quali GREGNANIN e PICCIRILLO (1972, 1974) ammettono condizioni di metamorfismo di 4-5 Kb e 545-560° C, fondate sugli equilibri di alcuni silicati.

Niente di sicuro si può invece dedurre dallo studio delle paragenesi e dalle strutture dei minerali metallici, sebbene vi siano alcuni dati da considerare.

Innanzitutto la presenza di calcopirrotina indicherebbe, secondo RAMDOHR, una  $t^\circ$  di formazione certamente superiore a 240° C, probabilmente molto superiore; inoltre gli smistamenti di stannite e pirrotina nella blenda, le strutture di tipo « mirmechitico » e l'associazione pirrotina-pentlandite vengono considerate dai vari Autori come fattori indicativi di media o alta temperatura di formazione. Infine anche la grafite, in piccole sferule a struttura raggiata che fanno parte della roccia incassante, ma si trovano incluse in blenda o galena, viene riferita, secondo gli Autori (cfr. PAGEL, 1975), per il particolare tipo di struttura, a formazione di  $a. t^\circ$ .

In base agli studi di diversi Autori, tra cui in particolare KULLERUD (VOKES, 1971), il raggiungimento del punto di fusione nei sistemi di solfuri di vari elementi, Cu escluso, avviene intorno ai 700° C e oltre, temperatura generalmente troppo elevata in confronto a quella della maggior parte delle rocce metamorfiche incassanti le mineralizzazioni esaminate.

Tuttavia la presenza di Cu abbassa la stabilità dei sistemi studiati fino a 500-600° C, temperature cioè raggiunte nelle facies metamorfiche anfiboliti-scisti verdi.

TABELLA 1

Confronto tra opportuni raggruppamenti di minerali nelle paragenesi di Lasa, Annaberg e S. Martino di Monteneve (parziale)

	MONTENEVE	LASA	ANNABERG
blenda	*	*	*
galena	*	*	*
pirite	*	*	*
marcasite	*	*	*
pirrotina	*	*	*
pentlandite	*	*	
millerite		*	
ullmannite	*	*	
linneite	*	*	*
skutterudite	*		*
breithauptite	*		
cobaltina	*	*	
arsenopirite	*		*
antimonite	*		
gudmundite	*		
bournonite	*	*	*
boulangerite	*	*	*
jamesonite	*		*
tetraedrite	*	*	*
enargite			*
calcopirite	*	*	*
calcopirrotina		*	
mackinawite	*		
valleriite	*		
proustite-pirarg	*		
discrasite	*		
polibasite	*		
schapbachite			*
stannite	*	*	
molibdenite	*		
bismutinite	*		
oro	*		

trovano nella formazione dei paragneiss s. str. sarebbero le più antiche; quelle di Lasa, situate entro una «zona di alternanze» tra paragneiss e filladi, occuperebbero una posizione più elevata nella serie, mentre quelle di Annaberg, associate alla «fillade di Oris» al suo contatto con un ortogneiss di origine ancora incerta, sarebbero addirittura permocarbonifere.

Anche dal punto di vista strettamente paragenetico è però possibile riscontrare delle differenze tra le mineralizzazioni.

Rispetto alla più ricca paragenesi di S. Martino di Monteneve (BRIGO, 1965; PAGEL, 1975), quella di Lasa risulta priva di minerali contenenti As, Ag, Mo, Bi, Au; a Lasa inoltre manca l'antimonite, la tetraedrite compare in esili tracce, mentre sono presenti millerite e calcopirrotina, non rinvenute a Monteneve.

Il raggiungimento del punto di fusione di un sistema di solfuri alle temperature delle rocce incassanti può spiegare dunque i processi che hanno permesso di riorganizzare le mineralizzazioni.

Recenti ricerche sui sistemi a solfuri e silicati (KULLERUD, MOH, 1972) hanno permesso addirittura di provare l'influenza delle rocce incassanti proprio sulla costituzione paragenetica della mineralizzazione per la capacità del solfo liberato dal processo metamorfico di estrarre metalli pesanti quali ad es. Pb, Zn, Ni, dai silicati.

Un confronto tra le mineralizzazioni di Lasa e le altre mineralizzazioni polimetalliche prevalentemente piombo-zinco del basamento cristallino austriaco quali Annaberg e S. Martino di Monteneve aveva indotto alcuni studiosi (BRIGO-OMENETTO, 1974; BRIGO, 1976) a esprimere la possibilità di una correlazione tra le stesse, basata anche su dati geochimici e paragenetici.

In un successivo lavoro, gli stessi Autori (1977) giungono a distinguere invece le mineralizzazioni suddette in base alla diversa posizione stratigrafica che esse occupano nell'ambito della medesima unità strutturale austroalpina. Pertanto le mineralizzazioni di Monteneve, che si

Rispetto alla paragenesi di Annaberg la quale comporta una certa quantità di Ag (2200 g/t) contenuto prevalentemente nella tetraedrite, subordinatamente nella schapbachite e probabilmente nella galena (BRUSAFERRO, 1966) e soltanto tracce di Ni e Co espresse da rara skutterudite, c'è da sottolineare per Lasa la già citata assenza di minerali portatori di Ag e la relativa frequenza di millerite, pentlandite, ullmannite, nonché la presenza di calcopirrotina.

Per concludere, la paragenesi di Lasa, pur concordando nei suoi principali elementi con quelle degli altri due giacimenti risulta caratterizzata da una relativa frequenza di microparagenesi a Ni, Ni-Fe, Ni-Sb, Ni-Fe-Cu (come risulta anche dalla tabella riportata).

*Ringraziamenti.* — Ringrazio in modo particolare l'amico L. BRIGO per avermi dato l'opportunità di condurre lo studio e inoltre per i suggerimenti e i consigli. Ringrazio inoltre G. TANELLI per la collaborazione nello svolgimento di alcune analisi effettuate con JEOL/SM-V3 presso l'Istituto di Mineralogia dell'Università di Firenze; e infine A. GREGNANIN per i chiarimenti riguardanti la parte geologico-petrografica.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANDERSEN C. A. Edit. (1973) - *Microprobe analysis*. John Wiley & Sons, New York.
- BARTON P. B. & SKINNER (1967) - *Sulphide mineral stabilities*. In « Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits », ed. H. L. BARNES, pp. 236-333, Holt, Reinhart & Winston, New York.
- BARTON P. B. (1970) - *Sulphide petrology*. Min. Soc. Am., Spec. Pap., 3, 187-8.
- BERNHARDT H. J. (1970) - *Untersuchungen im pseudobinären System Stannin-Kupferkies*. N. Jb. Miner., Monatsh., 553-556.
- BRIGGS R. M., KOBE H. W., BLACK P. M. (1977) - *High pressure metamorphism of stratiform sulphide deposits from the Diabot region, New Caledonia*. Mineral. Dep. (Berl.), 12, 263-279.
- BRIGO L. (1965) - *Il giacimento a Pb-Zn di S. Martino di Monteneve in Alto Adige*. Econ. Trent., 5-6, 63-101.
- BRIGO L. (1971) - *Mineralizzazioni e metallogenese nell'area della Fillade quarzifera di Bressanone nelle Alpi Sarentine*. St. Trent. Sc. Nat., 48, 80-125.
- BRIGO L. (1976) - *Quadro metallogenico dell'Alto Adige*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1137-1159.
- BRIGO L., OMENETTO P. (1977) - *Metallogenese der italienische Ostalpen*. Atti III ISMIDA, Leoben.
- BRUSAFERRO R. (1966) - *Il giacimento piombo-zincifero di Annaberg in Alto Adige*. Tesi di laurea, Ist. Min. Petr., Milano.
- GENKIN A. D., FILIMOVA A. A., SHADLUN T. N. et al. (1966) - *On a cubic cubanite and cubic chalcopyrite*. Geoch. Int.
- GRATEROL M., NALDRETT A. J. (1971) - *Mineralogy of the Marmbridge N. 3 and 4 Nickel-Iron sulfide deposits*. Econ. Geol., Vol. 66, pp. 886-900.
- GREGNANIN A., PICCIRILLO E. M. (1972) - *Litostratigrafia, tettonica e petrologia negli scisti austriaci di alta e bassa pressione dell'area Passiria-Venosta (Alto Adige)*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 28, 1-56.
- GREGNANIN A., PICCIRILLO E. M. (1974) - *Hercynian metamorphism in the Austridic crystalline basement of the Passiria and Venosta Alps (Alto Adige)*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. XIII, 13-27.
- KULLERUD G., MOH G. H. (1972) - *Das Problem « Erz-Nebengestein » erläutert an ausgewählten Beispielen im Experiment*. Mineral. Dep. (Berl.), 7, 271-279.

- LAWRENCE L. J. (1967) - *Sulphide neomagmas and highly metamorphosed sulphide deposits*. Mineral. Dep. (Berl.), 2 (1), 5-10.
- LAWRENCE L. J. (1967) - *Metamorphism of the sulphide ores of Broken Hill*. Mineral. Dep. (Berl.), 8, 211-236.
- MOH G. H. (1977) - *Ore minerals*. N. Jb. Miner. Abh., 131, 1, 1-55.
- MOH G. H. (1977) - *Scheme of mineral system: microscopical observations on typical sulfide ores with an interpretation based on laboratory experiments*. Fortschr. Miner., 55, 1, 79-104.
- MURARA G., PERNA G. (1965) - *Le mineralizzazioni a solfuri misti di Annaberg in Val Venosta (Nota preliminare)*. L'Ind. Min. nel Trentino-Alto Adige, Trento, 2, 161-164.
- OMENETTO P. (1969) - *The significance of the inclusions in pyrite of two conformable cuprififerous pyrite deposits, Alagna and Petit Monde, NW-Italy (with regards to metamorphic mobilisation of ores)*. Remobilisation of ores and minerals, Symp., 149-158.
- OMENETTO P., BRIGO L. (1974) - *Metallogenese nel quadro dell'orogene ercinico delle Alpi (con particolare riguardo al versante italiano)*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 1-24.
- PAGEL H. (1975) - *Zur Erzführung und Geochemie in den neuerschlossenen Teilen der Blei-Zinkerzlagertstätte Schneeberg/Monteneve in Südtirol/Alto Adige (N-Italien)*. Dissertation der Freien Universität Berlin.
- RAMDOHR P. (1945) - *Mirmecbitische Verwachsungen von Erzen*. N. Jb. Miner. Abh., 79, 161.
- RAMDOHR P. (1975) - *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Akademie Verlag, Berlin.
- RAMDOHR P., STRUNZ U. (1967) - *Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie*. F. Enke Verlag, Stuttgart.
- STANTON R. L. (1972) - *Ore Petrology*. McGraw-Hill, New York.
- VOKES F. M. (1969) - *A review of the metamorphism of sulphide deposits*. Earth. Sc. Rev., 5, 99-143.
- VOKES F. M. (1972) - *Some aspects of the regional metamorphic mobilization of preexisting sulphide deposits*. Mineral. Dep. (Berl.), 6, 122-129.