

A. BIANCHINI - I. SALVADORI - P. ZUFFARDI

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA
DEL GIACIMENTO DI MONTEVECCHIO:
GLI ELEMENTI ACCESSORI DELLA GALENA

NOTA I^a: STUDIO STATISTICO DEI MERCANTILI

Riassunto. — Nei mercantili piombiferi di Montevecchio vengono studiati i seguenti rapporti: Ag/Pb, Bi/Pb, Sb/Pb, Cu/Pb, Fe/Pb, Cu/Fe.

Ag, Bi, Sb ricorrono intimamente legati al Piombo, mentre Cu ed Fe ricorrono come calcopirite e pirite cristallizzate e diffuse in tutta la massa filoniana.

Il rapporto Ag/Pb, per il cui studio si sono avuti a disposizione dati relativi ad un lunghissimo periodo (1849-1958), varia da oltre 1000 a meno di 500 g/Ton; esso si rivela influenzato dai seguenti 4 fattori:

1°) *profondità*: L'approfondirsi della quota è accompagnato da un graduale abbassamento del rapporto Ag/Pb: il fenomeno è più rapido nelle porzioni superiori del giacimento e più lento in basso.

2°) *la zona presa in esame, indipendentemente dalla sua profondità*: spostandosi cioè lungo la direzione del giacimento, a parità di quota, varia il valore del rapporto Ag/Pb.

3°) *la struttura della mineralizzazione*: in generale la galena in grossi elementi, appartenenti a lenti di notevole potenza e continuità, contiene meno Ag che la galena in piccoli cristalli diffusi entro la massa filoniana, in mescolanza con altri costituenti del filone. Si passa così, nelle lavorazioni attuali, dai 200-250 g/Ton dell'alchifoglio ai 600-700 g/Ton delle galene flottate. Il filone Sanna è l'unica grossa eccezione a questa regola.

4°) *l'ossidazione superficiale*: essa ridistribuisce Pb e Ag nella porzione ossidata del giacimento, senza alterarne sostanzialmente il tenore medio generale, ma formando associazioni minerali nuove, che gli impianti di arricchimento non riescono a recuperare completamente: ciò vale in particolare, per l'Ag nei circuiti di flottazione per cerussite.

A. BIANCHINI: già della «Fonderia Montevecchio» - San Gavino Monreale (Cagliari) ora del C.E.R.I.M.E.T. Torino.

I. SALVADORI: delle «Miniere Montevecchio» (Cagliari). Assistente volontario Istituto Giacimenti Minerari, Università di Cagliari.

P. ZUFFARDI: delle «Miniere Montevecchio» (Cagliari). Direttore incaricato Istituto Giacimenti Minerari, Università di Cagliari.

Per lo studio dei rapporti Bi/Pb ed Sb/Pb si sono avuti a disposizione dati relativi ad un breve periodo di tempo (1953-1958 e, rispettivamente, 1957-1958): pertanto, l'influenza della profondità non è venuta in evidenza, mentre gli altri 3 fattori più sopra elencati hanno rivelato influenze analoghe a quelle descritte per l'Ag/Pb. Il valore medio del rapporto Bi/Pb è di circa 70 g/Ton; e per il rapporto Sb/Pb è di circa 4000 g/Ton.

Poco sentita è l'influenza della struttura per il rapporto Sb/Pb.

Per i rapporti Cu/Pb, Fe/Pb, Cu/Fe, si sono avuti a disposizione i dati relativi al periodo 1947-1958. Questo studio è complicato dal diverso schema di arricchimento fra i 2 impianti che trattano le zone di Levante e di Ponente del giacimento. Le conclusioni cui si può giungere sono le seguenti:

1°) a Levante Cu ed Fe tendono a crescere in profondità a scapito del Pb, ed il Fe cresce più rapidamente del Cu. Il valore medio del rapporto Cu/Pb, per questa zona, è del 2,5%; per il rapporto Fe/Pb è del 20%.

2°) a Levante esiste proporzionalità diretta fra Cu ed Fe, ma la legge che collega questi due metalli non è unica; se ne possono riconoscere almeno 2, che interessano zone di diversa profondità.

3°) a Ponente la distribuzione della calcopirite e della pirite cuprifera è del tipo a macchie, notevolmente irregolare. Il valor medio del rapporto Cu/Pb per questa zona è dell'1,3%.

4°) il rapporto Cu/Pb non può servire da indice del grado di termalità media delle varie zone di Montevecchio; ciò sta ad indicare che le deposizioni primarie del Pb e del Cu sono state in gran parte indipendenti.

CAP. I°: Premesse.

Oggetto e scopi del presente studio

In questa nota esporremo i dati di osservazione sul tenore in elementi accessori contenuti nei mercantili piombiferi di Montevecchio, e tenteremo di trarne alcune deduzioni sulla distribuzione degli stessi nel giacimento.

In una nota successiva esporremo i dati di osservazione sul tenore in elementi accessori contenuti in campioni di galena prelevati direttamente in miniera, e ne trarremo altre deduzioni sulla loro distribuzione.

Gli elementi accessori della galena di Montevecchio sono essenzialmente i nove seguenti: Argento, Antimonio, Bismuto, Nichel, Cobalto, Stagno, Arsenico, Rame, Ferro.

Mentre l'associazione dei primi 7 alla galena è microscopica o sub-microscopica, gli ultimi 2 ricorrono come cristalli di pirite e calcopirite, ben separati e visibili a occhio nudo o con la lente di ingrandimento. Eccezionale è la presenza di arsenopirite.

Nei controlli periodici sui mercantili vengono determinati unicamente Argento, Antimonio, Bismuto, Rame e Ferro: ed è di questi che ci occuperemo in questa sede. In tutta la nostra trattazione considereremo sempre e solo i rapporti fra i vari metalli, e mai il tenore in metallo dei campioni analizzati; in tal modo possiamo ritenere di non risentire della presenza di componenti « sterili » nel campione considerato. E' ovvio infatti che, ad esempio, a parità di rapporto Ag/Pb , un mercantile al 75% in Pb conterrà il 25% in più di Ag, che non un altro mercantile al 60% in Pb.

Possibilità di valutare le caratteristiche del giacimento mediante lo studio delle caratteristiche dei mercantili.

Lo studio da noi intrapreso non ha per scopo la conoscenza dei mercantili, in quanto tali; ciò infatti potrebbe interessare unicamente in campo metallurgico. Il nostro intendimento è di riuscire a valutare alcune caratteristiche del giacimento, dall'osservazione delle caratteristiche dei mercantili che sono stati prodotti coltivando il giacimento stesso.

Ci chiediamo anzitutto se ciò sia lecito, ed entro quali limiti sia possibile. Ci chiediamo cioè se il mercantile possa essere considerato come un campione significativo del giacimento, e adatto a essere sottoposto alle elaborazioni della statistica.

Notiamo che:

1) Il mercantile può rappresentare un campione della galena contenuta nei cantieri di coltivazione, o, tutt'al più — dato che tali cantieri sono numerosi e sparpagliati in tutta la parte utile del giacimento — il mercantile può essere considerato come campione della galena contenuta nella porzione di giacimento *coltivabile in vista*, ma non certo del giacimento intero.

2) Nelle nostre elaborazioni considereremo, di volta in volta, i tenori mensili o annuali, oppure quelli calcolati su partite di 10.000 Ton di Pb ciascuno. In ogni caso si tratta di campioni relativamente grossi (1/100-1/20) in confronto alla porzione di giacimento coltivabile in vista. Tenuto conto di quanto detto al capoverso precedente, riteniamo legittimo considerarli rappresentativi.

3) Col procedere del tempo la configurazione della porzione di giacimento coltivabile in vista si trasforma per la comparsa di nuove

zone, in seguito a esito favorevole delle ricerche, e per la scomparsa di zone esaurite. E poichè, per logiche ragioni organizzative, le ricerche si sviluppano *mediamente* verso zone di profondità man mano crescente, si può ritenere che la variazione nel tempo dei tenori dei mercantili sia collegabile con la variazione dei tenori del giacimento utile con la procoltivate.

4) Il concetto di « giacimento coltivabile » è notevolmente variato nel tempo e non solo per quanto riguarda il tenore minimo coltivabile, ma anche per il tipo di mineralizzazioni che possono essere coltivate.

Ciò ha particolare importanza per lo studio dell'Ag, che comprende oltre un secolo di storia della miniera.

Minore è l'interesse di questa considerazione per lo studio del Bi, dell'Sb, del Fe, del Cu, i cui dati provengono da campionature eseguite negli ultimi 10 anni. Si pensi ad esempio che fino al 1935 si coltivavano solo le zone a galena pura, in grosse lenti, con tenori in Pb non inferiori all'8-10%, mentre ora si coltivano anche le zone a impregnazione minuta, con mineralizzazione mista blendo-galenosa, e con tenore minimo del 4-5% in Pb + Zn.

Deriva da ciò una mancanza di omogeneità fra i dati più antichi e i dati recenti.

5) Per la ricerca delle formule statistiche da applicare, facciamo presente che:

a) non possiamo considerare il nostro campione come prelevato a caso entro la « popolazione » (cantieri di coltivazione o porzione di giacimento coltivabile in vista) che esso dovrebbe rappresentare. Chè infatti non tutti i componenti la popolazione (nel nostro caso: le parti di cantiere o di giacimento utile in vista) hanno avuto la stessa probabilità di comparire nel campione: al contrario vi sono entrate unicamente le porzioni dei cantieri che erano adiacenti alle fronti di abbattaggio. Eventuali zone coltivabili tenute di riserva non sono entrate nel campione che al momento di inizio della loro coltivazione.

b) non possiamo considerare il nostro campione come sistematico, perchè se il prelevamento è stato sistematico in alcuni settori della popolazione (le corone dei cantieri di coltivazione), non vi è stato alcun prelevamento negli altri settori.

c) non possiamo nemmeno considerarlo come stratificato a caso, poichè se anche, con qualche limitazione, possiamo considerare i cantieri di coltivazione come « strati della popolazione » (in quanto distribuiti con una certa sistematicità nella porzione coltivabile in vista del giacimento), d'altra parte il prelevamento dei campioni in ciascuno « strato » non è fatto a caso, ma anzi è sistematico.

Inoltre, il peso di campione prelevato in ciascuno strato (cioè la produzione fornita da ciascun cantiere) è solo in prima e grossolana approssimazione proporzionale al suo cubaggio, poichè dipende — oltrechè dall'ampiezza del cantiere — anche da fattori tecnici, e cioè dal programma di produzione di ciascun cantiere.

d) I vari istogrammi dei rapporti fra metalli accessori e Pb che illustreremo appresso, hanno *generalmente* forma di curva continua, senza marcate singolarità, e si approssimano abbastanza bene alla forma simmetrica.

Dopo tutte queste considerazioni può sembrare assurdo, su basi strettamente statistiche, cercare di risalire alle caratteristiche del giacimento dalle caratteristiche dei mercantili. Ma d'altronde il buon senso dice che le une debbono essere strettamente dipendenti dalle altre.

Noi tenteremo un'interpretazione statistica, salvo poi valutare criticamente l'attendibilità dei risultati.

In base alla constatazione 2^a e 5^a d — pur essendo consci dell'approssimazione di cui saranno affetti i risultati che se ne otterranno, derivanti dalle considerazioni esposte in 5^a a; b; c, — ci sentiamo autorizzati ad applicare, per una ricerca di prima approssimazione, nel calcolo dei parametri relativi al giacimento utile in vista, le formule della distribuzione gaussiana.

6) Il metodo di arricchimento può influire sui rapporti fra i tenori in elementi accessori e in elemento principale. Nel caso nostro siamo in presenza di 3 metodi di arricchimento: cernita a mano, idrogravimetrici, flottazione. Esaminiamo quali influenze essi possano avere sugli elementi che ci interessano.

La cernita a mano può apportare variazioni nel tenore di quegli elementi accessori che non sono direttamente legati alla galena, ma che sono contenuti in specie associate ad essa (ganghe o altri minerali metallici) macroscopicamente differenziate, tanto da poterne separare a vista; rientrano in questo caso il Cu, il Fe che ricorrono come pirite e calcopirite più o meno frammiste alla galena. Non vi rientrano — al-

meno per Montevecchio — Ag, Sb, Bi, che sono da considerare direttamente associati alla galena.

I metodi idrogravimetrici non possono aver portato modifiche degne di rilievo ai rapporti che ci interessano, poichè noi ci occupiamo di metalli pesanti, che ricorrono in minerali ad alto peso specifico, e pertanto si ritrovano tutti, o quasi, nel concentrato idrogravimetrico. Tutt'al più si può aver avuta la perdita di elementi legati ai componenti del rinfuso a basso peso specifico (ganghe, sedimenti incassanti); ma tale perdita può ritenersi trascurabile. Solo i rapporti in cui figura il Fe possono risultare falsi, per il fatto che un po' di ancherite può finire nel concentrato piombifero gravimetrico.

La flottazione, con la sua selettività, può dare le maggiori variazioni: considerando, però, la mineralizzazione di Montevecchio e i circuiti di flottazione adottati nei suoi impianti si può concludere che i rapporti fra Ag, Sb, Bi, Pb contenuti *nella galena* non subiscano cambiamenti apprezzabili. Speciale attenzione va rivolta al Cu e al Fe, in relazione al metodo di lavoro dei nostri impianti. L'impianto di Levante, infatti, opera con circuito acido: in queste condizioni tutta la calcopirite e quasi tutta la pirite flottano con la galena, solo una piccola parte di pirite viene rifiutata dalle celle della galena e finisce nel circuito della blenda per essere, anche qui, rifiutata e mandata con gli sterili.

L'impianto di Ponente, lavora in circuito basico: in queste condizioni la pirite può facilmente venire depressa e inviata agli sterili; solo la calcopirite (più o meno piritosa) flotta con la galena (1).

Siamo dunque in presenza di due condizioni di arricchimento ben diverse: per Levante potremo ritenere che i rapporti Fe/Pb, Cu/Pb,

(1) Si lavora in queste condizioni perchè l'alimentazione di Levante è notevolmente più piritosa di Ponente; l'inviare la pirite con la galena permette di ottenere blende mercantili ad alto tenore in Zinco (61-62%) con alto rendimento in metallo. Se in presenza di molta pirite si cercasse di deprimere la nel circuito galena e — successivamente — nel circuito blenda, si avrebbe una perdita di blenda. Ovviamente il far flottare la pirite con la galena abbassa il tenore in Pb dei mercantili piombiferi.

A Ponente la pirite è poca: la si può deprimere facilmente senza causare perdite nè di galena nè di blenda, ottenendosi così il vantaggio di avere mercantili di Pb ad alto tenore, senza, peraltro, compromettere i tenori in Zn dei mercantili blendosi e il rendimento-metallo dell'impianto.

Cu/Fe del mercantile piombifero flottato siano praticamente gli stessi che si potrebbero calcolare nel materiale che lo alimenta, qualora se ne analizzassero la galena, la calcopirite e la pirite contenuta, scartandone l'ancherite.

Volendo essere più precisi, converrà notare che — essendo il recupero più facile per il Cu che per il Pb e che per il Ferro della pirite — vi saranno delle lievi differenze, comunque sempre contenute nell'ordine di poche unità per cento.

Per Ponente potremo ritenere che i rapporti Fe/Pb, Cu/Pb, Cu/Fe del mercantile piombifero flottato siano praticamente gli stessi che intercorrono fra la galena e la calcopirite (più o meno piritosa) contenute nel materiale che alimenta la flottazione: la pirite pura, quindi, non entra nei mercantili piombiferi di Ponente.

Va fatta infine ancora una considerazione: la calcopirite e la pirite che flottano nei mercantili piombiferi possono provenire da zone del giacimento ben diverse da quelle che forniscono il piombo.

Quindi lo studio dei rapporti Fe/Pb, Cu/Pb, Cu/Fe, non interessa le caratteristiche geo-minerarie delle sole zone galenose del giacimento, ma il giacimento stesso nel suo complesso.

In conclusione.

a) riterremo che i rapporti fra Ag, Bi, Sb, Pb dei concentrati *galenosi* siano praticamente gli stessi della *galena* in posto, qualunque sia, dei 3 metodi di arricchimento precitati, quello adottato.

b) Lo stesso caso non avviene per i mercantili flottati ossidati rispetto alla mineralizzazione da cui essi traggono origine, come si vedrà in seguito.

c) I rapporti Cu/Pb, Fe/Pb, Cu/Fe dei mercantili flottati a Levante sono praticamente gli stessi che si potrebbero calcolare sul rinfuso, qualora se ne analizzassero la galena, la calcopirite e la pirite contenute, scartandone l'ancherite e gli eventuali ossidi e idrossidi di ferro.

Tali rapporti, nei mercantili flottati di Ponente sono praticamente gli stessi che si potrebbero calcolare nel rinfuso, qualora se ne analizzassero la galena e la calcopirite (più o meno piritosa), scartandone l'ancherite, la pirite e gli eventuali ossidi e idrossidi di ferro.

CAP. II° : Rapporto Ag/Pb nei mercantili di Montevecchio.

DATI A DISPOSIZIONE.

I dati a nostra disposizione sono stati i seguenti:

- medie annuali per la produzione complessiva delle miniere di Montevecchio nei periodi 1849 - 1897 e 1916 - 1933. Talvolta, dal 1916 al 1933, le produzioni delle varie concessioni erano tenute distinte.
- medie mensili per ciascuna classe di mercantili prodotti nei vari impianti di arricchimento dall'ottobre 1933 ad oggi.

Le classi summenzionate sono:

per l'impianto che tratta i rinfusi della zona di Ponente:

- galena di cernita prodotta complessivamente a Telle e Casargiu (marzo 1936 - aprile 1939);
- galena di cernita prodotta nella sola miniera di Sanna (gennaio 1936 - aprile 1939);
- galena di cernita prodotta complessivamente fra Sanna, Telle e Casargiu (dal maggio 1939);
- galena gravimetrica prodotta complessivamente a Telle e Casargiu (ottobre 1933 - Aprile 1939);
- galena gravimetrica prodotta nella sola miniera di Sanna (ottobre 1933 - aprile 1939);
- galena flottata prodotta dalla sola Sanna (dal maggio 1937 all'aprile 1939);
- galena flottata prodotta complessivamente da Sanna, Telle e Casargiu (dal maggio 1939 al novembre 1957);
- mercantile piombifero, parzialmente da ossidati, prodotto complessivamente da Sanna, Telle e Casargiu (dal dicembre 1957).

Per l'impianto che tratta i rinfusi della zona di Levante:

- galena di cernita, escluso alchifoglio (dal giugno 1935);
- galena di cernita del tipo alchifoglio (dal 1947 al 1950);
- galena gravimetrica (dall'ottobre 1933);
- galena flottata (dal marzo 1935).

Non abbiamo notizie sul metodo di campionatura e dei metodi di analisi seguiti dal 1849 al 1897.

I dati relativi al periodo 1916-1933 sono quelli che furono comunicati al Corpo delle Miniere, per la compilazione delle statistiche annuali.

Nonostante l'ufficialità di questi dati, li riteniamo generalmente imprecisi, e — talvolta — stabiliti non in seguito a regolari campionature, ma piuttosto stimati con notevole margine d'errore. Ad esempio non crediamo esatti i dati relativi agli anni 1916- 1917, 1918, 1920, 1923, 1924 poichè viene indicato il medesimo tenore, sia in Pb che in Ag, per i mercantili prodotti a Piccalinna da sola e nelle altre concessioni riunite insieme: infatti, nelle campionature da noi eseguite, abbiamo notato sostanziali differenze fra queste zone. Ci pare anche strano che, per questi anni e così pure per alcuni altri, i rapporti Ag/Pb siano espressi da cifre che variano di 50 in 50 g/Tonn.

Pertanto nell'elaborare i dati relativi al 1916-1933 terremo presente questi dubbi sulla loro esattezza; li riterremo comunque indicativi del rapporto medio *approssimato* in Ag/Pb dei mercantili prodotti in quell'epoca.

Dal 1934 in poi si è seguito un metodo di campionatura sistematico con prelevamento di pesi uguali di mercantili a intervalli di tempo regolari (per i reparti di flottazione, oggi, si preleva 1/2 Kg di campione ogni quarto d'ora). Questi campioni vengono riuniti e inquartati per ottenere un campione medio giornaliero; a fine mese si rinuiscono i campioni giornalieri, in quantità proporzionali alla produzione giornaliera, per formare il campione mensile, che viene a sua volta analizzato.

La campionatura risulta pertanto affetta dall'errore di analisi e dall'errore di inquartamento (trascurabili, secondo Matheron, 1957) e inoltre dall'errore dovuto al fatto che la produzione non è rigorosamente costante durante la marcia giornaliera dell'impianto; mentre — come s'è detto — i campioni prelevati ogni 15' hanno tutti ugual peso.

I tenori in Ag e in Pb determinati sui detti campioni, sono poi introdotti nel bilancio — metalli dell'impianto di fusione, per controllo della marcia di tale reparto.

In conclusione, pur con le limitazioni sopraccennate, la cui influenza, del resto, non siamo in grado di calcolare, riterremo che il valore medio dei rapporti Ag/Pb che risultano dalle analisi dei campioni, coincida con quello delle partite di mercantile prodotte nel pe-

riodo cui i campioni si riferiscono. In altre parole riterremo che i campioni del periodo 1934-1958 siano perfettamente rappresentativi.

I valori medi annuali si sono calcolati come medie ponderali delle medie mensili.

I metodi analitici adottati negli ultimi anni e — in particolare — per la campionatura del giacimento, che verrà illustrata in una prossima nota, saranno descritti con questa.

Ci basti qui ricordare che si tratta di metodi ponderali per via umida (Pb, As, Ni); ponderali per via secca (Ag); colorimetrici (Cu, Co, Ni, Mo); spettrografici (Bi, Sn); volumetrici (Fe, Sb).

Ogni determinazione è stata condotta almeno in doppio, ripetendo ancora l'analisi quando i valori ottenuti non potevano essere considerati mediabili.

DATI DI OSSERVAZIONE SUI MERCANTILI PRODOTTI FRA IL 1934 E IL 1958.

Poichè, per questo periodo abbiamo a disposizione i valori del rapporto Ag/Pb per le varie classi dei mercantili, potremo tentare un confronto fra di esse e fra le varie zone del giacimento che hanno fornito i rinfusi, per trattamento dei quali si produssero i mercantili.

Abbiamo anzitutto calcolato la tendenza generale nel tempo del rapporto Ag/Pb delle varie classi di mercantile prodotto a Montevecchio fra gli anni 1934-1958; si sono pure calcolati gli istogrammi per ciascuna classe di mercantile.

La tendenza generale è stata calcolata con il metodo delle medie ponderali mobili, che abbracciano, ciascuna, quattro trimestri di produzione.

Risulta subito evidente un fatto di notevole importanza: e cioè che l'Ag non è distribuito in egual misura né nelle varie zone di Montevecchio né nelle diverse classi provenienti da una stessa zona.

Si osservino i diagrammi relativi all'Impianto di Levante; è ben chiaro come il rapporto Ag/Pb dell'alchifoglio è il più basso di tutti; gli fa seguito quello della galena di cernita e, successivamente, quello della galena gravimetrica; la galena flottata ha il massimo rapporto Ag/Pb.

Meno facilmente schematizzabile è il diagramma relativo all'impianto di Ponente: vi si nota infatti che i più bassi valori competono

alla galena cernita a Telle e Casargiu, seguita dappresso dalla galena gravimetrica che fu prodotta trattando questi stessi materiali.

Il rapporto massimo spetta alla galena cernita a Sanna, mentre la gravimetrica di Sanna e la flottata totale sono intermedie.

Per meglio mettere in evidenza queste caratteristiche, abbiamo disegnato gli istogrammi relativi alle varie classi di mercantile. Poichè ci tenevamo ad effettuare un confronto, abbiamo suddiviso le produzioni — oltrechè per zona — anche per intervalli di tempo, col criterio di confrontare i mercantili prodotti da una stessa zona in uno stesso intervallo di tempo.

Così per Telle e Casargiu abbiamo considerato la cernita e la gravimetrica prodotta fra il Marzo 1936 e l'Aprile 1939, trascurando la gravimetrica prodotta fra l'Ottobre 1933 e il Febbraio 1936, perchè in quest'ultimo periodo, non si faceva della cernita.

Analogamente abbiamo considerato per Sanna i periodi dal Gennaio 1936 all'Aprile 1937 (durante il quale se ne ricavò un mercantile cernito e un mercantile gravimetrico) e, successivamente, dal maggio 1937 all'aprile 1939 (durante il quale se ne ricavarono tre classi di mercantile: cernita, gravimetrica e flottata), trascurando il periodo dall'Ottobre 1933 al Dicembre 1935 in cui si ottenne solo galena gravimetrica.

Poichè, a datare dal maggio 1939, anche i rinfusi di Telle e Casargiu furono trattati assieme al rinfuso di Sanna in un unico impianto capace di fornire galena di cernita e galena flottata, abbiamo disegnato un nuovo istogramma che interessa i mercantili prodotti in quell'impianto, da tale data fino al Novembre 1957.

A tale istogramma abbiamo sovrapposto quello relativo al mercantile piombifero flottato fra il Dicembre 1957 e il Dicembre 1958, che è costituito per buona parte da materiali ossidati, mentre il precedente è tutto e solo solforato.

In ogni caso abbiamo trascurato le piccole e sporadiche produzioni del periodo compreso fra la cessazione della lavorazione regolare degli impianti, nel 1943 e la loro ripresa (Settembre 1945 per Levante e Gennaio 1947 per Ponente), perchè, appunto per la loro limitatezza e discontinuità, i valori risultano anormali.

Si osserverà che il numero di partite campionate di ciascun periodo per ciascuna zona non è lo stesso: per esempio per Levante si hanno 167 partite di galena cernita, 238 di gravimetrica e 264 di flot-

tata; e 264 sono i mesi di produzione nel periodo considerato. La ragione è la seguente: il numero di partite analizzate coincide con il numero di partite mensili consegnate alla fonderia, e può accadere che le piccole produzioni di due o più mesi consecutivi vengano consegnate tutte assieme in un'unica partita. In definitiva il numero di partite analizzate è minore o tutt'al più uguale al numero di mesi del periodo considerato.

Nel costruire gli istogrammi abbiamo voluto tener conto del fatto che il peso delle varie partite è tutt'altro che costante: per farsene una idea basta osservare la terza colonna delle tabelle allegate agli istogrammi, in cui sono dati i pesi, minimo e massimo, del piombo in esse contenuto.

Pertanto abbiamo operato come segue: per ogni tipo di mercantile, e per ogni periodo di produzione considerato, abbiamo portato in ascissa i rapporti Ag/Pb suddividendoli in intervalli (100-200 g/Ton; 200-300 g/Tonn e così via); in ordinata abbiamo portato per ciascuno di tali intervalli, i quantitativi di Pb (espressi in percentuale della produzione totale nel periodo considerato) il cui rapporto Ag/Pb cade entro l'intervallo stesso.

Se avessimo invece seguito il sistema normale per fare gli istogrammi, e cioè, se su ogni intervallo del rapporto Ag/Pb, avessimo portato in ordinata il numero di campioni (magari espresso come percentuale del numero totale), il cui rapporto cade nell'intervallo considerato, avremmo attribuito la stessa importanza sia alle piccole che alle grosse partite di Pb campionato: ne sarebbe venuta una rappresentazione meno accurata della nostra.

L'osservazione degli istogrammi conferma la povertà in Ag di Telle e Casargiu; e la ricchezza in Ag di Sanna e di Levante. Risulta evidente anche la variazione del rapporto Ag/Pb al variare del tipo di mercantile, per una stessa zona e per uno stesso intervallo di tempo: a Levante il rapporto Ag/Pb cresce dall'alchifoglio alla cernita, alla gravimetrica, alla flottata; a Telle e Casargiu cresce dalla cernita alla gravimetrica; a Sanna, nei 2 periodi considerati, si ha invece il fenomeno inverso: cioè la diminuzione del rapporto Ag/Pb col passare dalla cernita, alla gravimetrica, alla flottata. Infine nella produzione di Ponente, cioè di Sanna + Telle + Casargiu assieme, si trova nuovamente l'aumento del rapporto Ag/Pb dalla cernita alla flottata solfurata; ciò

dimostra che l'influenza di Telle e Casargiu è stata preponderante rispetto a quella di Sanna. Sempre nella produzione di Ponente si osserva che il rapporto Ag/Pb nel flottato semiossidato è più basso sia di quello flottato solforato sia anche della stessa cernita.

DISCUSSIONE SUI DATI DI OSSERVAZIONE RELATIVI AI MERCANTILI PRODOTTI
FRA IL 1934 E IL 1958:

A) *Influenza della struttura della mineralizzazione.*

Prima di tentare una interpretazione di questi dati di osservazione, è opportuno far presente che il mercantile di cernita proviene da quelle porzioni di rinfuso che si presentano sufficientemente pure dopo frantumazione a diametri dell'ordine della decina di centimetri (ciò è vero sia che la cernita venga fatta in cantiere, sia che venga fatta sugli appositi nastri di laveria); se tale purezza è molto elevata, si ha allora l'alchifoglio.

Il mercantile costituito da galena gravimetrica è ottenuto da quella porzione di rinfuso capace di fornire classi pure dopo frantumazione a diametri dell'ordine di qualche millimetro ($4 \div 8$ mm negli attuali impianti di Levante).

Il mercantile costituito da galena flottata proviene, infine, da quella porzione di rinfuso da cui si possono separare classi pure solo quando sia raggiunta una finezza molto notevole: dell'ordine dei decimi o centesimi di mm (nei nostri impianti, ad esempio, il 55% della galena flottata passa sotto il setaccio Tyler da 200 msh: i grani cioè hanno diametro inferiore a 74 micron).

E' evidente che solo galene pure o quanto meno provenienti da zone del giacimento ove la galena è ben separata dagli altri costituenti del filone, possono fornire materiale adatto alla galena di cernita; notiamo a questo tipo di galena appartengono i campioni da noi prelevati per lo studio della distribuzione degli elementi accessori nel giacimento, di cui tratteremo in una prossima nota.

Se la galena è mescolata agli altri componenti in noduli di qualche mm, non se ne otterrà galena di cernita, ma tutt'al più galena gravimetrica.

Infine tutta la galena minutamente diffusa nella massa filoniana sarà presente nella galena flottata.

Si tenga presente che, per la sua fragilità, la galena in grossi blocchi ad alta purezza tende facilmente a polverizzarsi per effetto della sparatura delle mine, o per automacinazione durante le operazioni di carico, scarico e trasporto (specialmente se questo avviene attraverso fornelli), o anche per sovrammacinazione nei frantoi.

E dunque parte di essa finirà, fatalmente, nel mercantile gravimetrico o in quello flottato.

E dunque le diverse strutture ⁽¹⁾ della mineralizzazione — con tutte le diversità delle altre caratteristiche che sono legate alla struttura — si riflettono nelle varie classi dei mercantili. Il legame fra struttura e tipo di mercantile non è, e non può essere, un legame rigido, per il fatto che materiali di ugual struttura possono ritrovarsi in due o più classi di mercantili; resta comunque vero che — entro certi limiti — alcuni caratteri dei mercantili sono l'immagine, più o meno sfocata, di quei caratteri del giacimento che dipendono dalla struttura.

Vediamo ora di interpretare i nostri dati di osservazione sul mercantile di Montevecchio.

Per Levante l'interpretazione sembra chiara: il rapporto Ag/Pb cresce al diminuire del grado di liberazione della galena; e, in omaggio al criterio su esposto, possiamo concludere che, nella porzione di giacimento che alimenta l'impianto di Levante, il rapporto Ag/Pb cresce inversamente al grado di cristallizzazione della galena. E cioè, le galene macroscopicamente pure, in grossi elementi, sono povere in Ag, mentre le galene minutamente diffuse nella massa filoniana, sotto forma di impregnazioni o, in genere, di cristalli minuti, sono ricche in Ag.

Lo stesso fatto può valere per Telle e Casargiu, relativamente al periodo in cui i loro rinfusi erano trattati assieme e fornivano due sole classi di mercantili: cernita e gravimetrica.

Va subito notato che dalla miniera di Casargiu, essenzialmente blendosa, l'apporto di galena è sempre stato minimo, specialmente se raffrontato a quello di Telle, che è quasi esclusivamente galenosa: per-

⁽¹⁾ Con il termine «struttura» vogliamo intendere il grado di cristallizzazione; cioè quel che è comunemente chiamato la «grana» del minerale, e che è strettamente legato al «grado di liberazione».

tanto pensiamo siano le caratteristiche del giacimento di Telle a condizionare i mercantili galenosi provenienti da queste due zone assieme.

La miniera di Sanna sembra avere comportamento contrario alle altre: nei due periodi in cui si hanno dati sulla produzione ricavata da questa miniera è chiaro che a Sanna il rapporto Ag/Pb diminuisce col diminuire della grana.

Facciamo notare, perchè ci servirà a spiegare il fenomeno descritto, che la cernita di Sanna proviene quasi esclusivamente da un ristretto numero di lenti; mentre la maggior parte del giacimento ha strutture brecciolari con mineralizzazione mista, inadatta alla cernita a mano.

Il comportamento della produzione di Ponente (cioè di Sanna + Telle + Casargiu), nel periodo che va dal maggio 1939 in poi, è analogo sia a quello di Levante che a quello di Telle + Casargiu. Ciò è però dovuto non già ad un cambiamento avvenuto in Sanna, bensì all'influenza preponderante di Telle.

Riassumendo, dunque: nella porzione di giacimento di Levante e a Telle, il rapporto Ag/Pb cresce al diminuire della «grana» della mineralizzazione, mentre a Sanna accade il contrario. Non ci pronunciamo per Casargiu perchè la sua poca produzione galenosa non può certo aver influito sui mercantili prodotti da Casargiu assieme alle altre miniere.

Quali cause può avere la fenomenologia descritta?

L'aumento del rapporto Ag/Pb al diminuire della «grana» della mineralizzazione può trovare la sua spiegazione nel modo di formazione del giacimento. Accettando la teoria idrotermale e la formazione dei minerali di Montevecchio per «cristallizzazione in spazi aperti», (cioè per deposizione da soluzioni calde per saturazione), è logico dedurre che i rapporti di giacitura fra le varie sostanze deposte da convogli originariamente identici, debba essere stata diversa a seconda delle velocità di raffreddamento.

Precisamente si può ritenere che tanto più lenta e calma sia stata tale cristallizzazione, tanto più grossi e puri debbono esser risultati gli individui depositi.

La lentezza del raffreddamento del convoglio avrebbe permesso che, ad ogni istante, il residuo fluido si conservasse omogeneo e si avesse

una cristallizzazione frazionata dei vari componenti in esso disciolti, man mano che se ne raggiungeva, in tutta la massa della soluzione, la relativa concentrazione di saturazione.

Le strutture della mineralizzazione deposta sarebbero risultate di tipo listato, a composizione diversa da lista a lista. La galena, in particolare, si sarebbe deposta nel tipo alchifoglio.

A un dato momento, può essere avvenuto che tutto o parte del residuo fluido possa essere migrato dallo « spazio aperto » ove era cominciata la cristallizzazione, per completarla altrove: si sarebbero così formate due lenti diverse (diverse per composizione ed eventualmente anche per struttura), da uno stesso convoglio. Se poi parte del residuo fluido ha raggiunto la superficie terrestre, per sfuggirne sotto forma di fumarola, ecco che parte dei suoi componenti — precisamente quelli più solubili o meno concentrati — non si è deposta affatto.

Se invece si è avuta una cristallizzazione rapida, quasi un improvviso congelamento del convoglio, è logico aspettarsi la deposizione di individui minuti, fortemente impuri, con formazione di strutture di implicazione fra minerali utili e ganghe, e tutti i componenti del convoglio figurano nella mineralizzazione che si è formata.

In queste condizioni, in particolare, sarebbe stata ostacolata la purificazione per cristallizzazione della galena dai suoi elementi accessori, e questi sarebbero cristallizzati assieme al solfuro di Pb, restando inglobati nella galena.

Si sarebbero formate così galene impure a grana fina, adatte solo al trattamento per flottazione.

Intermedie, logicamente, fra questi due casi limite, sarebbero state le condizioni di formazione di galena a grana media, mista ad altri minerali.

E' però evidente che da convogli originariamente diversi, a parità di ogni altra condizione — in particolare di velocità di raffreddamento — si debbono esser formate mineralizzazioni diverse. Questa considerazione può spiegare il comportamento di Sanna: basterà pensare infatti che la galena di Sanna si sia deposta non da un unico convoglio (o da una serie di convogli aventi la stessa composizione), bensì da due convogli (o da due gruppi di convogli) aventi composizione diversa. Gli uni — e sarebbero stati la maggior parte — più poveri in Ag,

gli altri ricchi in Ag. I primi avrebbero trovato condizioni di deposizione tali da dar luogo a mineralizzazioni a grana minuta o, al più, media; i secondi, invece, avrebbero trovato condizioni di deposizione adatte alla formazione di quelle poche grosse lenti pure, da cui proviene la cernita di Sanna.

In base ai dati che abbiamo fornito fino ad ora, questa ipotesi può sembrare campata in aria: ne troveremo conferma nello studio della campionatura del giacimento di cui tratteremo in una prossima nota.

B) *Influenza della posizione longitudinale nel giacimento.*

Poniamoci ora la domanda: lo studio dei mercantili mette in evidenza differenze significative fra le varie parti in cui si può suddividere longitudinalmente il giacimento?

Il caso dei tenori dei mercantili dell'impianto di Ponente nell'intervallo di tempo 1947-1958 è particolarmente favorevole per dare una risposta a questo quesito. Si consideri l'andamento della tendenza generale di Ponente in tale periodo: tutto il materiale era trattato per flottazione, salvo qualche tonnellata al mese saltuariamente prodotta per cernita.

In pratica, quindi, il diagramma del rapporto Ag/Pb della produzione totale coincide con quello della galena flottata. Tale diagramma risulta costituito da 3 tratti sub-orizzontali, collegati da tratti inclinati, come se si trattasse di tre fasi di produzione con caratteristiche costanti (che corrispondono ai periodi 1-1-1947 - 31-12-1949; 1-1-1952 - 31-12-1953; 1-5-1955 - 30-11-1957), intervallati da due fasi di transizione. Considerando il mercantile alla stregua di « campione » della porzione di giacimento utile in vista, si sono calcolate le medie e il loro intervallo di confidenza (Q.C. 95%) relativamente ai 3 periodi suddetti, trattando i « campioni » e la « popolazione » da cui sono stati prelevati come se fossero gaussiani. I campioni sono le produzioni mensili: hanno quindi diverso peso l'un dall'altro; nel caso in esame il peso di ciascun campione è $1/30 \div 1/40$ della popolazione che esso vuol rappresentare.

Se ne ricavano i dati esposti nella I^a, II^a, III^a riga della tabella 2: si nota subito che gli intervalli di confidenza (Q.C. 95%) delle medie

sono nettamente esterni l'uno agli altri, e — perciò — le differenze sono da considerare statisticamente significative: siamo quindi di fronte a 3 gruppi di cantieri di coltivazione con rapporti Ag/Pb effettivamente diversi fra loro.

Lo studio dei cantieri di coltivazione dimostra che la produzione del 2° periodo, quello a minimo tenore in Ag, proviene per la maggior parte da cantieri di Telle, mentre nel 1° e del 3° periodo era notevole il contributo di Sanna. Dal fatto che i cantieri di Sanna ricorrono a quote sul mare più alte di quelli di Telle si potrebbe esser indotti a vedere, qui, l'influenza della quota; ma su questo punto ritorneremo in seguito.

Facciamo ora il confronto fra i rapporti Ag/Pb della galena globalmente prodotta dalla sola Sanna e quella prodotta da Telle + Casargiu anteriormente al maggio 1939.

I calcoli, condotti al solito modo e con le consuete approssimazioni, rivelano una differenza significativa fra i 2 tipi di galena, con Sanna nettamente più argentifera di Telle e Casargiu. E poichè i cantieri da cui proveniva la produzione di Sanna erano notevolmente più alti di quota (oltre 100 m) dei cantieri di Telle e Casargiu, si può essere indotti — anche in questo caso — a credere che ciò sia dovuto allo effetto della differenza di quota.

Del resto, la diversità dei tenori in Ag fra Sanna e Telle è messa ben in evidenza dai diagrammi della tendenza generale della cernita e flottazione a Ponente: entrambi questi diagrammi presentano un abbassamento in corrispondenza dell'inizio del 1939 e un rialzamento all'inizio del 1941 (particolarmente evidenti nel diagramma della cernita).

Per spiegare questo fatto basta ricordare che dal 1°-5-1939 alla fine del 1940 la produzione piombifera proveniva dal trattamento dei rifiuti di Sanna, Telle e Casargiu assieme, mentre, prima di tale periodo la produzione esaminata era fornita dalla sola Sanna, e dopo tale periodo l'apporto di tale miniera era prevalente. Si torna cioè a mettere in evidenza quanto già constatato in altri esempi: e cioè che Telle è meno argentifera di Sanna.

Prima di trarre delle conclusioni, desideriamo esporre alcune — del resto ovvie — considerazioni sul concetto di « quota » e sul suo valore giacimentologico.

Quando si parla di quota di un cantiere minerario, ci si riferisce usualmente o alla quota rispetto al soprassuolo o alla quota sul mare: quasi mai ci si riferisce alla quota rispetto alla camera magmatica, o — comunque — ai centri di alimentazione. E' ben evidente che la quota rispetto al soprassuolo interessa prevalentemente per quanto riguarda i fenomeni secondari (ossidazione, cementazione) del giacimento; mentre, per le fenomenologie primarie, è la quota rispetto alla camera magmatica che interessa.

La quota sul mare non ne è che un estimatore approssimato, se pur presenti i vantaggi di essere comodo da maneggiare, di essere rilevabile con estrema facilità e di avere un immediato significato per la *miniera* (non per il *giacimento*).

Orbene, se confrontiamo le caratteristiche generali di Sanna, Telle e Casargiu, si è indotti a credere che Sanna e Casargiu, con la loro mineralizzazione prevalentemente blendosa in ganga ancheritica, siano da considerare di termalità alquanto maggiore di Telle, che è quasi esclusivamente galenosa senza ganga o con ganga calcitica.

Sembra dunque che Sanna e Casargiu siano più prossimi alla camera magmatica che non Telle. E poichè — come abbiamo già messo in evidenza — l'apporto di galena di Casargiu, era, ed è, molto piccolo rispetto a quello di Telle, possiamo ritenere di avere a confronto una galena di zone *giacimentologicamente* profonde (quelle di Sanna) con una galena di zone alte (Telle), con l'inatteso risultato che quella è più argentifera di questa.

Se ne deve quindi dedurre che, nel passare da un filone ad un altro, a parità di ogni altra condizione, il rapporto Ag/Pb, possa subire significative e forti variazioni.

E' ovvio, ma non è superfluo ripeterlo, che — per effetto degli scostamenti dalle leggi teoriche statistiche — il margine d'errore delle nostre deduzioni è da ritenere diverso, e quasi certamente superiore, a quel 5% fornito dai nostri calcoli.

Facciamo notare, per inciso, che nel discutere l'influenza della struttura della galena sul suo tenore in elementi accessori, avevamo visto che Sanna ha comportamento anormale rispetto alle altre zone di Montevecchio: qui abbiamo indicato un'altra anomalia della stessa Sanna.

C) Influenza dell'ossidazione superficiale.

I mercantili flottati di Ponente, a datare dal dicembre 1957 in poi, sono composti in parte da galena e in parte da ossidati. Infatti da tale data è entrata in marcia una sezione di flottazione per materiali ossidati, successivamente ampliata nel marzo 1958: la produzione di piombo da mercantili ossidati è andata così gradualmente crescendo da un 20% circa a un 70% rispetto al piombo globalmente contenuto nei mercantili di Ponente. In media nei 13 mesi che vanno dal dicembre 1957 al dicembre 1958 possiamo ritenere che il piombo di Ponente sia stato prodotto per il 50% da materiali solfurati e per l'altro 50% da materiali ossidati. L'osservazione degli istogrammi relativi alla produzione di Ponente, mette in evidenza che il rapporto Ag/Pb del flottato di quest'ultimo periodo (449 g/Ton) è nettamente inferiore a quello del periodo precedente (577 g/Ton). Se si calcola il rapporto Ag/Pb per i 13 mesi anteriori alla messa in marcia della sezione ossidati, si ottiene 547 g/Ton: supponendo che i solfuri flottati dal dicembre 1957 al dicembre 1958 abbiamo conservato inalterato questo rapporto Ag/Pb, si dovrebbe concludere che l'analogo rapporto, negli ossidati da soli, debba essere stato: $2 \times 449 - 547 = 350$ g/Ton.

Quali sono le cause di questa minor ricchezza in argento dei mercantili flottati ossidati rispetto ai mercantili flottati solfurati provenienti da una stessa zona?

Esse sono due: l'una è naturale è, cioè, l'ossidazione superficiale; l'altra è tecnica e cioè va ricercata nella scarsa capacità della flottazione di recuperare certi minerali argentiferi contenuti nel rinfuso.

Se infatti, si analizzano, oltre ai mercantili ossidati, anche il rinfuso da cui sono ricavati e gli sterili che se ne sono ottenuti, ci si accorge che il rapporto Ag/Pb è maggiore negli sterili che nel rinfuso, mentre il mercantile è intermedio.

Questo fatto ci dice chiaramente che la flottazione di Montevecchio ⁽¹⁾ ha minor rendimento nel recupero dell'Ag da materiali ossidati che nel recupero del Pb dagli stessi materiali.

Purtroppo non disponiamo di un sufficiente numero di dati su sterili e rinfusi per tentare uno studio statistico; abbiamo solo qualche « scandaglio » che conferma la nostra precedente asserzione.

(1) L'esperienza insegna che in ogni flottazione di ossidati accade la stessa cosa.

E' lecito trarre un'altra conclusione: a parità di ogni altra condizione i minerali ossidati di piombo che vengono flottati a Montevecchio (cerussite) contengono meno argento della galena. Ciò è chiaramente indicato dai rapporti Ag/Pb dei mercantili ossidati e dei mercantili solfurati di una stessa zona: ammesso infatti che sia nullo il ricupero di Ag da minerali ossidati non piombiferi, il rapporto Ag/Pb di questi ultimi è al massimo dell'ordine dei già citati 350 g/Ton, cioè inferiore di circa 200 g/Ton rispetto ai solfuri. Se poi c'è stato un certo ricupero di Ag da minerali ossidati non piombiferi, tale differenza si accentua.

Si noti infine che se consideriamo il valore del rapporto Ag/Pb nei rinfusi ossidati, ci accorgiamo che esso è dello stesso ordine di grandezza di quello della galena. Ciò sta a dimostrare che, nel giacimento di Montevecchio, l'ossidazione superficiale non ha prodotto nè arricchimento nè impoverimento di Ag: lo ha semplicemente ridistribuito, impoverendo talune zone e arricchendone altre, formando cerussiti poco argentifere e depositando altrove argento nativo, come è stato riconosciuto ad esempio a Sanna e a Piccalinna.

DATI DI OSSERVAZIONE SULLA PRODUZIONE TOTALE FRA IL 1849 E IL 1958.

Per eseguire correttamente lo studio dell'andamento del rapporto Ag/Pb nel tempo, ne abbiamo ricalcolato i valori, passando dai dati relativi alle produzioni mensili a quelli relativi a partite di 10.000 Ton di Pb successivamente prodotte.

Abbiamo ritenuto opportuno agire in tal senso perchè le produzioni mensili, in sì lungo lasso di tempo, sono state tutt'altro che costanti, registrandosi produzioni dell'ordine di poche centinaia di tonnellate di Pb all'anno (come accadde intorno alla metà del secolo scorso e verso la fine dell'ultima guerra) e quelle di varie migliaia di Ton annue — anche oltre 20 — come accadde nell'ultimo venticinquennio.

Logicamente i rapporti Ag/Pb di piccole produzioni ricavate da una grande estensione di giacimento, presentano grande dispersione: in ogni caso ben maggiore di quella che si riscontra in annate di grande produzione.

Riferendo i rapporti Ag/Pb a quantità uguali di Pb successivamente prodotte (non importa se in qualche anno o in pochi mesi) si ottiene un diagramma più regolare e — per le varie elaborazioni — si hanno a disposizione dati omogenei almeno dal punto di vista della grandezza del campione.

Per prima cosa abbiamo calcolato l'istogramma dei tenori in Ag/Pb per il piombo complessivamente prodotto fra il 1849 e il 1958 (escluso ovviamente l'intervallo 1897-1915). I dati relativi sono i seguenti:

$$n = \text{numero dei campioni} = 68$$

$$M = \text{media aritmetica} = \text{media ponderale} = 724,3 \text{ g/Ton}$$

$$\sigma = \text{scarto tipo} = 154,5 \text{ g/Ton}$$

$$I_1 = \text{intervallo di variazione} = 441 \div 1361 \text{ g/Ton}$$

L'istogramma mette in evidenza che sono da considerare anomali sia il rapporto della 4^a decina di migliaia di tonnellate (1361 g/Ton) sia i rapporti della 38^a, 39^a, 40^a, (447, 441, 460 g/Ton). Il primo valore è stato registrato intorno al 1868 e probabilmente deriva dalla coltivazione di una zona a concentrazione anormale di argento. Gli ultimi 3 valori riguardano produzioni del 1917-1920 e sono probabilmente affetti da errori di apprezzamento, come abbiamo precedentemente indicato.

Se si assume come variabile il logaritmo decimale dei tenori, e se ne calcola l'istogramma, si ottengono i seguenti risultati:

$$n = \text{numero dei campioni} = 68$$

$$M_L = \text{media aritmetica del logaritmo} = 2,852$$

$$\sigma_L = \text{scarto tipo logaritmico} = 0,102$$

$$I_{1L} = \text{intervallo di variazione dei logaritmi} = 2,6444 \div 3,1338$$

L'istogramma dei logaritmi dei tenori non è gaussiano, e mette in evidenza anche maggiore l'anomalia dei valori della 4^a, 38^a, 39^a e 40^a.

Se si tracciano i grafici di Henry si nota che — a prescindere dagli intervalli relativi ai valori anomali precitati — essi tendono ad assumere un andamento a spezzata, come se la distribuzione dei rapporti Ag/Pb derivasse dalla sovrapposizione di più popolazioni diverse.

L'effetto di massa, e — quindi — l'accostamento alle leggi log-normali, che sono notoriamente predominanti nelle distribuzioni dei tenori nei giacimenti, è reso manifesto dall'ordine in cui i successivi campioni figurano nell'istogramma: essi infatti tendono a raggrupparsi in or-

dine di tempo, con i più antichi dalla parte degli alti valori dell'ascissa. Spesso si nota poi che una serie discreta di valori successivi nel tempo sono compresi in una stessa classe.

Abbiamo poi cercato di individuare la legge statistica secondo cui il rapporto Ag/Pb della produzione totale varia nel tempo.

Abbiamo dapprima calcolato la tendenza generale, col metodo delle medie mobili estese a partite di 100.000 Tonn di Pb, ed anche la tendenza generale che si ottiene quando si consideri, a partire dal 1935 in poi, la sola galena di cernita + gravimetrica.

Ci è parsa utile questa distinzione per mettere in evidenza l'eventuale influsso della flottazione sulla tendenza generale.

In un secondo momento abbiamo cercato di determinare la linea di aggiustamento e il suo canale di confidenza. Essa gode delle seguenti proprietà:

a) è linea di compenso per i rapporti Ag/Pb per i periodi 1849-1897 e 1934-1958, poichè $\Sigma e' = 0$, chiamando e' la differenza fra tenori misurati e tenori della linea di aggiustamento.

b) si interpola fra i punti della tendenza generale di tali periodi.

c) il suo coefficiente di correlazione, $\eta = \sqrt{1 - \frac{\Sigma e'^2}{\Sigma e^2}}$ (dove e è lo scarto dei valori misurati dalla loro media aritmetica; η ed e' hanno i significati già detti) è significativo. Infatti si ottengono i seguenti risultati:

1849-1897: $\eta = +0,623$; ed essendo n , numero dei campioni, = 22, la zona di indeterminazione (Fisher) ⁽¹⁾ risulta essere: $+0,27 \div +0,825$.

1934-1958: $\eta = +0,92$; $n = 32$; zona di indeterminazione: $+0,85 \div +0,96$.

I residui quadratici medi, $u' = \sqrt{\frac{\Sigma e'^2}{n}}$, nei due periodi precitati, risultano di 35 g/Ton e 19 g/Ton. Il canale di confidenza (Q.C.

⁽¹⁾ Per il calcolo della zona di indeterminazione ci siamo valsei dell'abaco riportato da Liorzou.

95%) della linea di aggiustamento è stato ottenuto tracciando due linee ad essa parallele, e distanti da essa, lungo le ordinate, di $\pm 2 u'$.

Non abbiamo tenuto conto dei valori compresi fra il 1916 ed il 1934 di cui ci fidiamo poco, e ci siamo accontentati che la linea di aggiustamento passi presso il valor medio di questo periodo.

Dall'osservazione della linea di aggiustamento e del suo canale di confidenza (Q.C. 95%) parrebbe di poter distinguere 4 fasi nella evoluzione del rapporto Ag/Pb dei mercantili: la prima fase comprende le prime 110.000 Ton di Pb prodotte e cioè va dal 1849 al 1883 circa. Tale fase è caratterizzata da una rapida diminuzione del rapporto Ag/Pb. Segue una lunga fase che — per quanto ci manchino numerosi dati, e si sia in dubbio sull'attendibilità di altri — possiamo ritenere vada dalle 110.000 alle 500.000 Ton, cioè inizi verso il 1883 e termini con il 1933 circa.

In questo periodo la diminuzione del rapporto Ag/Pb continua, ma con gradiente minore che nel caso precedente.

La terza fase è di aumento dei tenori ed inizia con il 1934 e termina col 1941, per dar luogo all'ultima fase nuovamente di diminuzione, e che, studiata fino ai primi del 1958, è da ritenere continui tuttora.

DISCUSSIONE SUI DATI DI OSSERVAZIONE RELATIVI ALLA PRODUZIONE TOTALE FRA IL 1849 E IL 1958

A) *Influenza della flottazione*

Fissiamo anzitutto la nostra attenzione sulla terza e la quarta fase, e facciamo notare, per prima cosa, che l'aumento e la successiva diminuzione del rapporto Ag/Pb deve avere un preciso significato e non può considerarsi come occasionale.

Se infatti noi calcoliamo la retta di tendenza per i rapporti Ag/Pb in funzione del tempo, relativamente a tutto il periodo dal 1934 al 1958, si ottiene un gradiente di $-0,191 \text{ g/Ton} \times 10.000 \text{ Ton}$, cioè praticamente una retta orizzontale; ma il coefficiente di correlazione risulta essere $-0,04$, il che dimostra che tale correlazione non è attendibile.

Se invece eseguiamo lo stesso calcolo per i periodi fra il 1934 e il

1941, (cioè fra le 510.000 e le 640.000 Ton) e fra il 1941 e 1958 (cioè fra le 640.000 Ton e le 820.000) si ottengono i valori sotto elencati:

1934-1941 gradiente: $+ 10,25 \text{ g/Ton} \times 10.000 \text{ Ton}$; $r = + 0,895$
 1941-1958 » : $- 8,7$ » » » » ; $r = - 0,93$

essendo il n. di campioni 14 e 19 nei 2 periodi, la zona di indeterminazione degli r , secondo Fisher, risulta rispettivamente $+ 0,7 \div + 0,97$ e $- 0,81 \div 0,97$, cioè ampiamente significativa.

Pertanto non possiamo non ritenere significativo l'aumento dei tenori nel periodo 1934-1941 e così pure la susseguente diminuzione.

Riguardo alle cause che possono aver determinato l'istaurarsi della terza fase, notiamo che il suo inizio coincide con la messa in marcia delle prime sezioni di flottazione. Viene, quindi, spontaneo il chiedersi se vi sia una correlazione fra la variazione del rapporto Ag/Pb dei mercantili e la variazione del metodo di arricchimento. Il proporsi tale questione trova il suo logico fondamento nel fatto che i rapporti Ag/Pb dei mercantili prodotti per flottazione sono prevalentemente superiori a quelli degli altri mercantili: l'abbiamo già messo in evidenza quando abbiamo illustrato i diagrammi delle tendenze generali e gli istogrammi dei vari mercantili di Montevecchio.

Anche osservando i diagrammi della produzione totale si nota che su 310.000 Tonnellate prodotte, parte per flottazione e parte dall'impianto idrogravimetrico o per cernita, solo in 40.000 Tonnellate (precisamente la 70^a, la 74^a, 75^a, 76^a decina di migliaia) il rapporto della gravimetrica + cernita è stato superiore a quello della flottata; il contrario è accaduto negli altri casi.

Poniamoci dunque il quesito nei termini seguenti: esiste una correlazione fra il rapporto Ag/Pb della produzione totale e la percentuale di essa prodotta per flottazione?

Per rispondere, si confrontino fra loro il diagramma della tendenza generale (o della linea di aggiustamento) e quello della percentuale di galena flottata.

Mentre nell'intervallo fra le 510.000 e le 610.000 ton di Pb prodotte, essi salgono assieme, dalle 610.000 Ton in poi, il loro comportamento è nettamente diverso; infatti la percentuale di flottata resta

quasi costante fino alle 740.000 Ton, poi torna a crescere per stabilizzarsi di nuovo — al di sopra del 95% — dalle 770.000 Ton in poi. Al contrario il rapporto Ag/Pb cresce sempre più lentamente fino alle 640.000 Ton, per poi diminuire regolarmente.

E' chiaro che, se il rapporto Ag/Pb dei mercantili dipendesse *unicamente* dalla percentuale di essi che viene prodotta per flottazione, avremmo dovuto assistere ad un nuovo innalzamento o, quanto meno, a un rallentamento della discesa del suo valore nel periodo compreso fra le 740.000 e le 770.000 Ton; invece è avvenuto proprio il contrario.

Possiamo tradurre in cifre il grado di correlazione fra percentuale di galena flottata e valori del rapporto Ag/Pb, calcolando i coefficienti di correlazione e la loro zona di indeterminazione. Se si estende questo conteggio a tutto il periodo 1934-1958, cioè fra le 510.000 Ton e le 820.000 Ton si ottiene:

$$r = + 0,176, \text{ con zona di indeterminazione } - 0,2 \div + 0,49.$$

Cioè non si manifesta correlazione attendibile fra percentuale di galena flottata e rapporto Ag/Pb del mercantile totale.

Se si limita il conteggio al solo periodo 1934-1940, cioè fra le 510.000 Ton e le 620.000 Ton, si ottiene:

$$r = + 0,885 \text{ con zona di indeterminazione: } + 0,63 \div + 0,97;$$

il che parrebbe indicare un'ottima correlazione positiva fra le due variabili considerate.

Se però si fa il calcolo del coefficiente di correlazione per il periodo successivo, dal 1940 al 1957, cioè dalle 630.000 Ton alle 820.000 Ton, si ottiene il risultato seguente;

$$r = - 0,77, \text{ con zona di indeterminazione: } - 0,5 \div - 0,905;$$

il che starebbe ad indicare una buona correlazione negativa fra le stesse due variabili. Il terzo risultato, quindi, è in netto contrasto con il secondo. Ci pare logico concludere che entrambi siano falsi, e l'unico vero sia il primo risultato, quello cioè che nega la correlazione fra percentuale di galena flottata e rapporto Ag/Pb della produzione totale.

Ma anche per altro verso si può giungere a questa conclusione.

Occorre infatti osservare che — come mostrano chiaramente i diagrammi — anche il tenore della galena gravimetrica + quella di cernita ha avuto tendenza a crescere nello stesso intervallo di tempo in cui tale tendenza si è manifestata per la produzione totale.

Nè d'altronde poteva essere altrimenti, poichè la percentuale di galena flottata rispetto alla galena totale, era assai esigua nel periodo iniziale (si raggiunge il 50% in corrispondenza delle 580.000 Ton, quando cioè, l'aumento del rapporto Ag/Pb era già ben manifesto). Se il tenore in Ag della galena di cernita + gravimetrica fosse continuato a scendere con lo stesso ritmo della fase precedente, si sarebbero dovuti registrare tenori altissimi — specialmente agli inizi — nella galena flottata per imporre una risalita al diagramma totale.

Dobbiamo dunque concludere che l'aumento del rapporto Ag/Pb verificatosi fra le 510.000 e le 640.000 Ton prodotte, è dipeso da un effettivo aumento di tale rapporto nel rinfuso di miniera.

Chiediamoci allora se la presenza dei reparti di flottazione può avere influito sul rapporto Ag/Pb del rinfuso di miniera. La risposta è affermativa, poichè l'entrata in funzione di un reparto di arricchimento, capace di trattare materiali minutamente diffusi nella massa filoniana, ha portato di conseguenza un cambiamento nel modo di condurre le escavazioni nei cantieri di produzione. Mentre prima si battevano solo le vene ricche di piombo a galena compatta o — comunque — a grado di liberazione dell'ordine di qualche mm, esenti, o quasi, da blenda, dopo la messa in marcia della flottazione si sono abbattute anche le zone povere in piombo, miste a blenda e con galena minutamente diffusa. Ma quest'ultimo tipo di galena è in media più ricco in argento dell'altro, come abbiamo dedotto discutendo sull'influenza della struttura della mineralizzazione. Parte di questa galena è stata recuperata negli stessi reparti idrogravimetrici (non certo per cernita, che, in tali strutture, non era possibile) e ha contribuito ad innalzarne il rapporto Ag/Pb.

Inoltre fu possibile riprendere la coltivazione di zone di giacimento a struttura di impregnazione, abbandonate in antico per difficoltà di trattamento, nelle parti alte e, in genere, più argentifere del giacimento.

E' questo modo diverso di coltivare, che ha contribuito a provocare un momentaneo rialzamento del rapporto Ag/Pb, mascherando e

superando il graduale impoverimento in Ag conseguente all'approfondimento della quota media delle coltivazioni.

Logicamente, dopo un periodo di transizione, la discesa dei rapporti Ag/Pb nel tempo, manifestatasi chiaramente nelle fasi precedenti, ha ripreso e si è così entrati nell'attuale fase di produzione.

In conclusione, l'entrata in marcia dei reparti di flottazione non ha esercitato un'influenza diretta sul rapporto Ag/Pb dei mercantili; sarebbe cioè errato ritenere che se uno stesso rinfuso galenoso è adatto ad essere concentrato sia per via idrogravimetrica che per flottazione, se ne ottengano mercantili con rapporti Ag/Pb significativamente minori nel primo che nel secondo caso.

La flottazione ha esercitato invece un'influenza indiretta sul rapporto Ag/Pb sia dei mercantili che dei rinfusi, poichè ha permesso di mettere in coltivazione parti di giacimento a maggior tenore in Ag, non coltivabili per l'addietro per la loro struttura di minuta impregnazione che le rendeva inadatte alla concentrazione idrogravimetrica.

Studiato nel suo assieme su tutta Montevecchio, il fenomeno appare di una regolarità notevolissima. Scendendo a maggiori dettagli è facile riconoscere che tale regolarità non è così assoluta. Se infatti riprendiamo in esame, più dettagliatamente, le tendenze generali (su 4 trimestri) delle produzioni dei singoli impianti, si riconoscono in esse l'esistenza di numerose ondulazioni, verso l'alto e verso il basso.

Particolarmente interessante è a Levante la graduale caduta del rapporto in Ag/Pb verificatasi durante il 1954, che ha portato i valori della flottata da circa 750 g/Ton, intorno a cui avevano oscillato per i 6 anni precedenti, ai 670 g/Ton, che hanno caratterizzato il periodo successivo, fino ad oggi.

Anche la gravimetrica ha subito un'analogha diminuzione, scendendo dai 680 g/Ton ai 600 g/Ton.

La spiegazione va cercata nell'analisi dei cantieri di produzione da cui è provenuto il Piombo nel periodo considerato: ci si accorge che tra il 1947 e il 1953 i cantieri più produttivi erano quelli della zona denominata « 2 bis » del filone S. Antonio. Tale zona fu appunto esaurita nel 1954.

Per Ponente abbiamo già illustrato e spiegato il periodo di bassi valori degli anni 1939-40 e 1952-53. Ci resta ancora da mettere in evidenza la tendenza alla diminuzione che, iniziata alla fine del 1957, si fa ancora sentire alla fine del 1958. E' facile vedere, in questo fenomeno, l'influenza dell'apporto, sempre crescente, di Pb dalle zone ossidate o semiossidate.

B) *Influenza della profondità.*

Sembra logico notare una certa correlazione di causa ad effetto fra l'andamento dei rapporti Ag/Pb dei mercantili e l'intervallo di profondità delle lavorazioni minerarie, da cui proviene il rinfuso.

Ciò è vero particolarmente per la prima e seconda fase. Per meglio definire questa correlazione abbiamo calcolato le medie (aritmiche, che — essendo tutti i campioni di peso uguale — coincidono con le medie ponderali) e i loro intervalli di confidenza, relativamente a vari periodi di tempo, come mostra la tabella 1.

Così notiamo che l'intervallo di confidenza (Q. C. 95%) delle medie dei rapporti registrati fra il 1849 e il 1897 e quello dei rapporti registrati fra il 1916 e il 1958 sono esterni l'uno all'altro, ed anzi il limite inferiore del primo intervallo è più alto di 76 g/Ton del limite superiore del secondo intervallo.

Se poi si vuole scartare la produzione fatta fra il 1916 e il 1933 (sull'attendibilità dei cui dati abbiamo manifestato i nostri dubbi) si ottiene il valore riportato nella terza riga della stessa tabella, anche esso ben inferiore all'intervallo di confidenza del periodo 1849-1897.

Si può concludere che tali differenze sono statisticamente significative, cioè vi è stato un effettivo impoverimento di Ag nel giacimento coltivabile fra i due periodi.

Naturalmente non abbiamo la pretesa che queste differenze siano significative con probabilità di errore del 5%, come i calcoli ci direbbero se la distribuzione della popolazione e dei campioni fosse gaussiana; siamo certi che il margine di errore sarà superiore, nè siamo però in grado di dire quanto.

Va inoltre ricordato che fra il 1848 e il 1897 si coltivavano le lenti ricche in galena ad alta purezza, mentre attualmente si coltivano anche (e, anzi, prevalentemente) zone miste a impregnazione minuta; e va

tenuto presente quanto abbiamo già fatto notare: che le prime, a parità di ogni altra considerazione, sono in media meno argentifere delle seconde.

I tenori del primo periodo, dunque, non tengono conto dell'Ag contenuto nelle zone allora in vista, con struttura di impregnazione, che circondano e s'inframezzano alle lenti pure, e che entrano invece nella composizione dei campioni dell'ultimo periodo.

In definitiva se nel primo periodo si fosse seguito lo stesso modo di abbattaggio che si segue attualmente, si sarebbero dovuti registrare rapporti Ag/Pb ancor più alti. D'altra parte se allora avessero coltivato le zone a impregnazione, queste non sarebbero state disponibili nel secondo periodo e — quindi — l'attuale tenore in Ag sarebbe stato ancor più basso.

Se ne deduce che la diminuzione del tenore in Ag del giacimento utile in vista col progredire del tempo, e quindi della profondità di coltivazione, deve essere stata più rapida di quel che mettono in evidenza i tenori dei mercantili.

Scomponiamo ora il periodo 1916-1958 in tre sottoperiodi 1916-1933, 1934-1941, 1941-1958: si rileva che gli intervalli di confidenza delle medie relative ai tre periodi presi in esame sono quasi uguali e si sovrappongono per la maggior parte. Ciò non autorizza, però a credere che le medie stesse siano rimaste praticamente costanti; si può invece affermare che le medie possano essere variate (in più o in meno) di una quantità che, tutt'al più, è pari alla differenza fra il massimo valore ciascun intervallo e i minimi valori degli altri.

Non vanno d'altro canto dimenticati tre fatti:

1°) la variazione del criterio di coltivazione verificatosi dal 1935 in poi, e quindi del concetto stesso di giacimento utile.

2°) l'apporto di argento delle zone alte (e più argentifere) del giacimento, non completamente esaurite dai vecchi coltivatori e tuttora in lavorazione.

3°) l'esistenza di una tendenza alla diminuzione dei rapporti Ag/Pb, chiaramente manifesta nei mercantili, relativamente all'ultimo periodo.

Il primo dei tre eventi sopraelencati non può che aver sortito l'effetto di un temporaneo innalzamento dei tenori durante la fase di transizione fra il vecchio e il nuovo criterio di abbattaggio.

Il secondo evento tende a rallentare la caduta dei tenori con l'approfondirsi delle lavorazioni e ad aumentare la dispersione dei tenori stessi. Ma il suo effetto è limitato, come limitati sono i cubaggi delle zone alte in via di esaurimento e il loro apporto alla produzione: ne è prova evidente la constatazione n. 3.

Tutto sommato ci pare legittimo concludere che il rapporto Ag/Pb della porzione di giacimento coltivabile in vista, vada diminuendo con la profondità secondo una legge mediamente meno rapida man mano che la profondità stessa cresce.

Di ciò troveremo conferma nella campionatura del giacimento.

Conclusioni.

Da quanto abbiamo esposto fino ad ora, possiamo trarre le seguenti conclusioni sulla distribuzione dei rapporti Ag/Pb nel giacimento di Montevecchio, emerse dallo studio dei mercantili, prodotti dal 1849 al 1958.

Il rapporto Ag/Pb del giacimento, o meglio della sua parte coltivabile, è influenzato dai seguenti fattori:

- 1°) la profondità;
- 2°) la zona presa in esame, indipendentemente dalla sua profondità;
- 3°) la struttura della mineralizzazione;
- 4°) l'ossidazione superficiale.

Precisamente l'approfondirsi della quota è accompagnato da un graduale abbassamento del rapporto Ag/Pb. Alle quote più alte il gradiente di impoverimento è maggiore che alle quote più profonde.

Nel passare da una zona all'altra lungo la direzione del giacimento, si ha variazione nel rapporto Ag/Pb, pur se la quota rispetto alla camera magmatica non varia.

Talvolta addirittura confrontando zone con caratteristiche medie di diversa termalità, si nota che sono più argentifere quelle di maggior termalità media.

La struttura delle mineralizzazioni esplica la sua influenza nel senso che la galena macroscopicamente pura, in grossi elementi, appartenenti a lenti di notevole potenza e continuità, contiene minori quantità di Ag che non la galena in piccoli cristalli diffusi entro la massa filoniana, in mescolanza con altri componenti del filone.

Le differenze imputabili alla sola struttura possono essere notevolissime: così a Montevecchio un alchifoglio (la galena in grossi elementi di composizione pressochè stechiometrica) ha rapporto Ag/Pb dell'ordine dei 200-250 g/Ton, mentre una galena minuta, da flottare, proveniente dalla stessa zona, ha tenori dell'ordine di 600-900 g/Ton.

Della struttura dei campioni esaminati bisognerebbe tener maggior conto quando si vuole indicarne il tenore in Ag ⁽¹⁾; ciò sarebbe particolarmente raccomandabile quando si vuol studiare l'influenza degli altri fattori sul tenore in Ag, poichè differenze di struttura delle mineralizzazioni esaminate possono mascherare e — entro certi limiti — invertire le differenze causate da variazioni del fattore che si prende in considerazione.

Come conseguenza dell'influsso della struttura si ha che il rapporto Ag/Pb del rinfuso e, quindi, il suo valore commerciale, è diverso a seconda che, in uno stesso adunamento si abbiano prevalentemente zone dell'un tipo o dell'altro.

Tradotto in cifre, si può calcolare che — agli attuali prezzi dei metalli, e con i dati di Montevecchio — la variazione del valore commerciale del piombo argentifero proveniente da un alchifoglio o da una galena di impregnazione sia dell'ordine di qualche unità %: è dunque tale da meritare di essere presa in considerazione anche sul piano pratico.

L'ossidazione superficiale esplica la sua influenza nel senso di ridistribuire l'Ag nella porzione ossidata del giacimento, senza alterarne sostanzialmente il tenore generale. La cerussite a Montevecchio risulta

(¹) Vedremo che anche il Bismuto e l'Antimonio si comportano allo stesso modo.

più povera in Ag della galena a spese della quale si è formata, e l'Ag si può raccogliere in tasche ad alto tenore in questo metallo.

Dal punto di vista pratico ciò ha importanza in quanto, se non si adottano particolari sistemi per ricuperarlo, esso va perso in gran parte in un normale circuito di flottazione per minerali piombiferi ossidati.

CAP. III°: Rapporto Bi/Pb nei mercantili di Montevecchio.

DATI A DISPOSIZIONE.

I dati a nostra disposizione sono stati i seguenti:

- medie mensili per la galena flottata di Levante (dal Marzo 1953 al Dicembre 1958);
- medie mensili per la galena gravimetrica di Levante (dal Luglio 1955 al Dicembre 1958);
- medie giornaliere per la galena flottata di Levante (dal Luglio 1955 al Novembre 1957);
- medie mensili per i mercantili flottati di Ponente (dal Marzo 1953 al Dicembre 1958).

Tali dati, saltuari fino al Giugno 1955, sono stati sistematici dal Luglio 1955 in poi.

Dei metodi di campionatura e di analisi abbiamo detto nel Cap. 11°. Abbiamo riportato diagrammaticamente i dati surriferiti e abbiamo tracciato le tendenze generali con il metodo delle medie ponderali mobili estese a 12 partite mensili successivamente campionate: si noti che non sempre tali partite appartengono a 12 mesi consecutivi: nel costruire il diagramma, abbiamo segnato il valore della media ponderale di ciascun gruppo di 12 partite, in corrispondenza del punto di mezzo del periodo di tempo, che va fra il mese cui si riferisce la prima partita e il mese cui si riferisce la dodicesima, indipendentemente dalla posizione nel tempo delle altre 8 partite.

Abbiamo poi disegnato gli istogrammi dei rapporti Bi/Pb per le varie classi di mercantile campionato. Nel tracciarli, abbiamo seguito gli stessi criteri che abbiamo illustrato a proposito degli analoghi istogrammi del rapporto Ag/Pb.

DISCUSSIONE DEI DATI DI OSSERVAZIONE:

a) *Influenza della struttura.*

Confrontando gli istogrammi della galena gravimetrica e della galena flottata a Levante, oppure le loro tendenze generali, o anche le coppie di valori mensili, appare evidente che la gravimetrica è meno bismutifera della flottata.

Anticipando alcune notizie sulla campionatura del giacimento, facciamo notare che essa è stata fatta prelevando i campioni unicamente dalle lenti di maggior potenza e continuità. Tali campioni si possono considerare come rappresentativi di quella che abbiamo chiamato la galena di cernita. Ebbene l'istogramma della campionatura della porzione di giacimento che alimenta l'impianto di Levante risulta tutto spostato verso i valori bassi della ascissa, confermando ancora che con l'aumentare della « grana » della mineralizzazione, diminuisce il rapporto Bi/Pb.

Se facciamo l'analogo confronto fra la campionatura della porzione di giacimento che alimenta l'impianto di Ponente e i mercantili flottati da questo impianto otteniamo lo stesso risultato.

b) *Influenza della posizione longitudinale nel giacimento.*

Messi a confronto gli istogrammi di Levante e di Ponente, e le loro tendenze generali, o i valori mensili, si nota che Ponente è meno bismutifero di Levante. Se poi si osserva in dettaglio l'istogramma di Ponente si nota che esso è nettamente bimodale. Se ora costruiamo gli istogrammi per i due periodi Marzo 1953 - Dicembre 1955 e Gennaio 1956 - Novembre 1957, otteniamo due curve monomodali spostate l'una rispetto all'altra. Ciascuna dominante coincide esattamente con una delle dominanti dell'istogramma generale. E' logico concludere che la distribuzione bimodale delle frequenze dei tenori nell'impianto di Ponente, relativamente al periodo Marzo 1953-Novembre 1957, derivi dal sovrapporsi di due distribuzioni ben distinte nel tempo, poichè la prima finisce (e la seconda comincia) intorno alla fine del 1955 e all'inizio del 1956.

Dallo studio dei cantieri di produzione in quel periodo si nota che la fine del 1955 coincide con l'esaurimento di alcuni grossi cantieri di Telle.

Si noti ancora che per l'Ag avevamo notato in questo periodo un analogo cambiamento; esso però avveniva *non* intorno alla data in cui si è manifestato per il Bismuto, e — inoltre — presentava una maggior gradualità: avevamo infatti considerato che la fase di transizione iniziasse ai primi del 1954 per concludersi verso la metà del 1955.

Potremo quindi dedurre che la legge di distribuzione dell'Ag nel giacimento non è la stessa di quella del Bi.

Si noti, infine, che anche gli istogrammi della flottata e della gravimetrica di Levante risultano assai complessi e plurimodali; con i dati a nostra conoscenza non si riesce però a trovarne una spiegazione giacimentologica. Probabilmente ciò dipende dal limitato numero di partite mensili analizzate: se infatti si costruisce l'istogramma dei tenori giornalieri, si ricava una curva notevolmente continua e prossima alla simmetrica.

e) Influenza dell'ossidazione superficiale.

Dal confronto fra l'istogramma del mercantile galenoso e del mercantile semiossidato flottati a Ponente, si nota che quest'ultimo ha rapporto Bi/Pb inferiore al primo.

Come già facemmo per l'Ag, se calcoliamo il valore medio ponderale del rapporto Bi/Pb per i 13 mesi anteriori al Dicembre 1957, si ottiene 36,6 g/Ton contro il 30,2 g/Ton dei 13 mesi di produzione semiossidata.

Tale diminuzione, come già quella constatata per l'Ag, dipende dalla ossidazione superficiale solo indirettamente, in quanto va tenuta presente la scarsa capacità dei nostri circuiti di flottazione a concentrare i minerali ossidati di Bismuto.

Qualche analisi di controllo sui tenori in bismuto dei rinfusi e degli sterili di flottazione ha chiaramente indicato che nelle zone ossidate il rapporto Bi/Pb non è sostanzialmente diverso da quello delle zone non ossidate, e che gran parte del Bi finisce con gli sterili.

Come per l'Ag, anche per il Bi, l'ossidazione superficiale a Montevecchio, non impoverisce nè arricchisce il giacimento: si limita a ridistribuire il Bi in associazioni minerali nuove, che i nostri impianti di flottazione non sono adatti a concentrare; è logico pensare che impiegando reagenti e circuiti differenti da quelli usati a Montevecchio, si giungerebbe ad altri risultati.

Ancora possiamo dedurre, con ragionamento analogo a quello fatto per l'Ag, che alla cerussite di Montevecchio compete un rapporto di Bi/Pb inferiore a quello della galena da cui ha tratto origine.

d) *Influenza della profondità.*

Come al solito lo studio dell'influenza della profondità è stato ricondotto allo studio della variazione del rapporto Bi/Pb nel tempo. Dato il notevole numero di dati a disposizione relativamente a un intervallo di tempo sufficientemente lungo, e dato che la linea di tendenza generale per i vari tipi di mercantile sembra essere abbastanza prossima ad una retta, abbiamo tentato il calcolo delle caratteristiche della « retta di tendenza »; da esso si può dedurre che:

a) per la galena flottata di Levante, e per l'intervallo di tempo considerato, tale correlazione fra valori del rapporto Bi/Pb e tempo non è statisticamente significativa.

Si noti che ciò si può interpretare in due modi diversi: e cioè o il rapporto Bi/Pb rimane mediamente costante nel tempo (e quindi con la profondità), oppure tale rapporto non è una funzione mediamente lineare del tempo (e della profondità). Con i dati esposti non siamo in grado di dare una risposta meno incerta; solo lo studio della campionatura del giacimento potrà dare chiarimenti in merito.

b) nulla osta che esista una correlazione lineare positiva col tempo per il rapporto Bi/Pb dei solfuri flottati a Ponente e una correlazione negativa per i semi-ossidati di Ponente.

Tornando ad osservare i cantieri di produzione di Ponente, appare chiaro che fra il Marzo 1953 e il Novembre 1957 i cantieri di produzione si sono spostati verso quote più alte, con netta prevalenza di Telle, agli inizi, e una certa prevalenza di Sanna alla fine del periodo

considerato. Tenendo anche presente la forma bimodale dell'istogramma del rapporto Bi/Pb per questo tipo di mercantile, e quanto s'è detto per spiegarlo, ci par logico concludere che l'effetto della profondità debba essere stato irrilevante a fronte dell'effetto dovuto alla variazione longitudinale dei cantieri di produzione.

La correlazione negativa per i semi-ossidati prodotti dopo il Novembre 1957 dipende evidentemente dall'influenza del crescente apporto di Pb dalle zone ossidate, e nulla ha a che vedere con la variazione di profondità.

c) Nulla osta che esista una correlazione negativa col tempo per la galena gravimetrica prodotta a Levante. Questa constatazione è — dal punto di vista dello studio del giacimento — assai poco chiara: infatti non è facile individuare la provenienza della poca galena gravimetrica prodotta in questo periodo. Cantieri di produzione ove ricorrano strutture adatte a fornire galena gravimetrica s'incontrano in ogni parte di questa porzione di giacimento e a quote diversissime. Non possiamo far altro quindi che constatare la correlazione segnalata ed affacciare il dubbio che essa sia puramente casuale.

In definitiva possiamo dire che lo studio dei mercantili non mette in evidenza alcuna chiara correlazione fra rapporto Bi/Pb dei mercantili e variazione di profondità delle coltivazioni. Solo la campionatura del giacimento stesso ci potrà dare qualche ragguaglio in merito.

Conclusioni.

Da quanto abbiamo esposto in questo capitolo possiamo trarre le seguenti conclusioni sulla distribuzione del rapporto Bi/Pb nel giacimento, emerse dallo studio dei mercantili prodotti fra il Marzo 1953 e il Dicembre 1958.

Il rapporto Bi/Pb del giacimento di Montavecchio, o meglio della sua parte coltivabile in vista, è influenzato dai seguenti fattori:

- 1°) Zona presa in esame, indipendentemente dalla sua quota;
- 2°) Struttura della mineralizzazione;
- 3°) Ossidazione superficiale.

Nel passare da una zona all'altra, infatti, si riscontrano diversi rapporti Bi/Pb; l'influenza della quota delle diverse zone non è apparsa manifesta dallo studio dei mercantili.

La struttura esplica il suo effetto in modo analogo a quanto segnalato per l'Ag di Levante e di Telle: cioè le galene macroscopicamente pure, in grossi elementi, specialmente se appartenenti a lenti di una certa continuità e potenza sono meno bismutifere della galena a grana media; alla galena a grana fina compete il massimo tenore in Bi.

Nel trarre questa conclusione, ci ha aiutato anche la conoscenza, della distribuzione del rapporto Bi/Pb nella campionatura del giacimento.

Sulle cause di questa fenomenologia ci siamo già intrattenuti, parlando dell'Ag.

L'ossidazione superficiale esplica la sua azione, nel ridistribuire il bismuto nelle parti ossidate del giacimento formando minerali bismutiferi nuovi, che la flottazione — almeno nelle condizioni in cui opera a Montevecchio — non riesce a recuperare integralmente.

Con ragionamento analogo a quello fatto per l'Ag, si può dedurre che la cerussite di Montevecchio è meno bismutifera della galena da cui deriva.

CAP. IV° : Rapporto Sb/Pb nei mercantili di Montevecchio.

DATI A DISPOSIZIONE.

I dati a nostra disposizione sono stati i seguenti:

- medie mensili per la galena flottata di Levante (dal Luglio 1957 al Dicembre 1958; e — inoltre — i dati del Luglio 1946, Gennaio 1952, Agosto 1953, Luglio 1956);
- medie mensili per la galena gravimetrica di Levante (dal Luglio 1957 al Dicembre 1958);
- medie mensili per i mercantili flottati di Ponente (dal Luglio 1957 al Dicembre 1958; e — inoltre — i dati del Gennaio 1952, Agosto 1953, Luglio 1956).

Dei metodi di campionatura e di analisi abbiamo detto nel Cap. II°.

Abbiamo riportato diagrammaticamente i dati surriferiti e abbiamo tracciato le tendenze generali con il metodo delle medie ponderali mobili, estese a 6 partite successivamente campionate: sul modo di tracciare questi diagrammi abbiamo detto nel capitolo precedente.

Abbiamo poi disegnato gli istogrammi dei rapporti Sb/Pb per le varie classi di mercantile campionato. Nel tracciarli, abbiamo seguito gli stessi criteri che abbiamo illustrato a proposito degli analoghi istogrammi del rapporto Ag/Pb.

DISCUSSIONE DEI DATI DI OSSERVAZIONE.

a) *Influenza della struttura.*

A Levante la galena gravimetrica è meno antimonifera della galena flottata; mancano dati relativi alla galena di cernita; si nota però che l'istogramma relativo alla campionatura rivela valori dello stesso ordine di grandezza delle due classi analizzate.

A Ponente, invece, le galene della campionatura sono nettamente più povere in Sb dei mercantili flottati, e — fra questi ultimi — i solfuri sono più antimoniferi degli ossidati.

Il comportamento dell'Sb è quindi abbastanza simile a quello di Ag e di Bi.

b) *Influenza della posizione longitudinale nel giacimento.*

Dal confronto fra gli istogrammi di Levante e di Ponente, risulta evidente che la porzione di giacimento, che alimenta l'impianto di Ponente è meno antimonifera di quella che alimenta l'impianto di Levante.

La bimodalità dell'istogramma di Levante non è interpretabile al lume dei dati a nostra disposizione: probabilmente è connessa con il limitato numero dei dati stessi.

c) *Influenza dell'ossidazione superficiale.*

Anche per il rapporto Sb/Pb, come già per l'analogo rapporto Ag/Pb e Bi/Pb, si nota che l'istogramma del mercantile semi-ossidato è tutto spostato verso i valori bassi dell'ascissa rispetto a quello del

mercantile solfurato. La media ponderale del rapporto Sb/Pb nei 13 mesi di produzione semi-ossidata è di 1970 g/Ton, contro i 3.530 g/Ton delle 9 partite solfurate, e contro i 3.510 dei 6 mesi immediatamente precedenti l'entrata in marcia del reparto per il trattamento degli ossidati.

Anche per l'antimonio valgono le stesse considerazioni fatte per Ag e Bi: e cioè che l'ossidazione superficiale, a Montevecchio, non ha nè arricchito, nè impoverito la porzione di giacimento che ha interessato; si è limitata a ridistribuire l'Antimonio, formando associazioni minerali nuove, inadatte ai nostri circuiti di flottazione.

Con il solito ragionamento fatto per Ag e Bi, si può dedurre che la cerussite di Montevecchio è meno antimonifera della galena da cui deriva.

d) *Influenza della profondità.*

Com'è stato detto quando abbiamo elencato i dati a nostra disposizione, sono troppo poche le analisi fatte anteriormente al luglio 1957 perchè se ne possano trarre deduzioni con un certo fondamento. Comunque sembra che grosse variazioni nel rapporto Sb/Pb fra il 1952 e il luglio 1957 non ci debbano essere state, nè nel flottato di Levante, nè nel flottato di Ponente.

Dal luglio 1957 al dicembre 1958 il flottato di Levante mostra un andamento irregolare non facilmente interpretabile. La galena gravimetrica di Levante accenna a una tendenza alla diminuzione, ma abbiamo già fatto notare, a proposito del Bi, quanto poco attendibile sia lo studio delle variazioni nel tempo della gravimetrica, perchè non è facile individuare i cantieri da cui proviene il rinfuso che la fornisce.

Il flottato di Ponente mostra una chiara tendenza alla diminuzione fra il luglio 1957 e la metà del 1958; osservando i dati mensili sembra notare un salto brusco verso i bassi valori, in corrispondenza del dicembre 1957.

Tale diminuzione è sicuramente imputabile all'apporto di Pb dalle zone ossidate, e — quindi — non è da mettere in correlazione con le variazioni di profondità, ma — unicamente — con l'influenza dell'ossidazione superficiale.

In definitiva possiamo dire, che lo studio dei mercantili, anche per la brevità del periodo cui si riferiscono i dati di osservazione, non mette in evidenza alcuna chiara correlazione fra rapporto Sb/Pb dei mercantili e variazioni di profondità delle coltivazioni.

Vedremo, discutendo la campionatura del giacimento, se e quali siano le correlazioni fra rapporto Sb/Pb e quota.

Conclusioni.

Da quanto abbiamo esposto in questo capitolo, possiamo trarre le seguenti conclusioni sulla distribuzione del rapporto Sb/Pb nel giacimento, emerse dallo studio dei mercantili prodotti fra il 1952 e il dicembre 1958.

Il rapporto Sb/Pb del giacimento di Montevecchio, o — meglio — della sua parte coltivabile in vista, è influenzato dai seguenti fattori:

- 1°) Zona presa in esame, indipendentemente dalla sua quota;
- 2°) Struttura della mineralizzazione;
- 3°) Ossidazione superficiale.

Sono gli stessi tre fattori che abbiamo indicato per il rapporto Bi/Pb, e potremmo qui riscrivere, senza mutarle, le considerazioni fatte nelle conclusioni tratte dallo studio del rapporto Bi/Pb.

Ad esse, pertanto, rimandiamo il lettore.

CAP. V°: Correlazione fra Ag, Bi, Sb.

ESPOSIZIONE DEI DATI DI OSSERVAZIONE

Giova far presente che solo l'Ag è stato controllato mensilmente, con regolarità, in tutto il periodo che va dal 1934 al oggi. Il Bismuto e l'Antimonio furono controllati per periodi più limitati, non sempre coincidenti e con minor regolarità. Ovviamente per operare le nostre correlazioni abbiamo dovuto scegliere per ciascuna coppia di elementi considerati, unicamente quei mesi in cui si avevano entrambe le loro determinazioni.

Si sono poi costruiti vari diagrammi, ciascuno dei quali riguarda una coppia di elementi accessori; ciascun punto di tali diagrammi ha

per ascissa il \lg del rapporto Pb di un elemento accessorio e per ordinata il \lg dell'analogo rapporto per l'altro elemento.

L'uso delle scale logaritmiche, secondo quanto suggeriscono Matheron ed altri, trae il suo fondamento nel fatto che queste sono più adatte della scala aritmetica a mettere in evidenza l'« effetto di massa ».

Osservando questi diagrammi si rivela che, la « nuvola di punti » per ciascun tipo di mercantile è ben individuata e separabile; per il mercantile flottato dell'impianto di Ponente si formano due famiglie di punti: l'una riguarda il periodo anteriore al dicembre 1957 e l'altra il periodo Dicembre 1957 - Dicembre 1958. Questo limite ha un preciso significato: infatti, con il Dicembre 1957, ha iniziato la sua marcia lo speciale reparto per il recupero degli ossidati di piombo; quindi la composizione chimica e mineralogica del mercantile è variata dal tipo a soli solfuri, al tipo a misti ossi-solfurati.

Tutte le « nuvole » hanno superficie pressochè equidimensionale e sono perciò più paragonabili ad un cerchio che ad un'ellisse; non mettono — quindi — in evidenza se esista una correlazione statistica fra le coppie di metalli considerati.

C'era da attenderselo: infatti il periodo a cui si estende la nostra indagine è troppo limitato (al massimo dal marzo 1953 al dicembre 1958 per la coppia Bi-Ag) per dar luogo a variazioni tali da poter essere messe in evidenza dal metodo delle nuvole.

In ogni modo ci sembra che i diagrammi mettano abbastanza bene in evidenza la diversità del campo di esistenza degli elementi accessori, per i vari tipi di mercantile.

Se poi si considerano i rapporti fra Ag, Sb, Bi considerati due a due, si ottengono altri interessanti risultati. Per individuare il campo di esistenza di tali rapporti, abbiamo calcolato e messo in diagramma per ciascuno di essi la media ponderale, l'intervallo di variazione, il primo e terzo quartile e il valore mediano.

Secondo i nostri conti, risulterebbe che, nel passare da un tipo di mercantile all'altro, muterebbero non solamente le quantità di Ag, Sb, Bi percentualmente contenute, ma anche i rapporti fra di esse.

Basta appena ricordare che le differenze fra il mercantile flottato a Levante e il mercantile gravimetrico di Levante sono da attribuire

unicamente a differenze di struttura; le differenze fra i mercantili di Levante e il mercantile solfurato di Ponente sono da attribuire unicamente a differenze fra le zone coltivate; infine che le differenze fra mercantili solfurati e ossi-solfurati di Ponente sono da attribuire allo effetto dell'ossidazione superficiale.

Conclusioni.

Ritroviamo, così, per questa via, alcune conclusioni cui già eravamo giunti con altri metodi di rappresentazione, e riusciamo a dare qualche precisazione. Dallo studio dei diagrammi a nuvola si può infatti concludere che:

1°) La galena gravimetrica è più povera in Ag, Sb, Bi della galena flottata, ricavata dallo stesso rinfuso;

2°) La galena di Ponente è più povera in Ag, Sb, Bi della galena di Levante;

3°) I mercantili ossisolfurati sono più poveri di Ag, Sb, Bi dei mercantili solfurati provenienti dalla stessa zona. Particolarmente sentito è l'impoverimento in Ag, ed Sb; lieve l'impoverimento in Bi.

Ciò vale, ovviamente, per i nostri circuiti di flottazione: è probabile che, variandoli o ricorrendo a reagenti opportuni, si giungerebbe a risultati diversi.

4°) Il rapporto Sb/Ag cresce alquanto fra galena flottata e galena gravimetrica di Levante; diminuisce nel passare a Ponente solfuri, e — ancor più — nel passare agli ossidati. Cioè: a parità di Ag contenuto, vi è più Sb a Levante che a Ponente (particolarmente nella galena gravimetrica): il minimo di Sb compete ai mercantili ossi-solfurati.

5°) I rapporti Ag/Bi e Sb/Bi hanno comportamento uguale fra loro: crescono cioè nel passare dalla galena flottata di Levante alla galena gravimetrica dello stesso impianto, e poi ancora alla galena di Ponente, per diminuire nei mercantili ossi-solfurati di questo impianto.

Cioè, dunque, a parità di Ag (o di Sb) contenuto, a Levante c'è più bismuto (particolarmente nella galena flottata) che a Ponente (particolarmente nella galena).

Si tenga ben presente, ad evitare erronee interpretazioni, che non sempre vi è corrispondenza biunivoca fra le caratteristiche dei mercantili e le caratteristiche del giacimento. Si può ritenere che ciò avvenga, con buona approssimazione, unicamente fra i mercantili solfurati e la porzione del giacimento che ha fornito il rinfuso, dal trattamento del quale si sono ricavati i mercantili stessi.

Ma certamente ciò non avviene per i mercantili ossi-solfurati, poichè — come già più volte abbiamo detto — i rapporti fra i vari componenti del rinfuso sono falsati dalla selettività differenziale della flottazione.

Bisogna dunque ritenere che l'impovertimento in Ag, Bi, Sb dei mercantili semi-ossidati non rispecchia un analogo fenomeno della porzione ossidata del giacimento.

CAP. VI°: **Ferro e rame nei mercantili piombiferi di Montevecchio.**

DATI DI OSSERVAZIONE.

I dati a nostra disposizione, sono stati le quantità di Cu, Fe, Pb prodotte mensilmente per cernita, per idrogravimetria, per flottazione in ciascun impianto, dall'Ottobre 1946 al Dicembre 1958 per Levante e dal Gennaio 1947 al Dicembre 1958 per Ponente.

Dei metodi di campionatura e di analisi abbiamo detto nel Cap. II°. Prima di iniziare la trattazione, è opportuno ricordare quanto abbiamo detto a pag. 6 a proposito dell'influenza dei metodi di arricchimento sui rapporti fra i vari metalli che ci interessano. In particolare va rammentato che: a Levante potremo ritenere che i rapporti Fe/Pb, Cu/Pb, Cu/Fe del mercantile flottato siano praticamente gli stessi che si potrebbero calcolare nel materiale che lo alimenta, qualora se ne analizzassero la galena, la calcopirite e la pirite contenute, scartandone l'ancherite; per Ponente, invece, potremo ritenere che i rapporti Fe/Pb, Cu/Fe del mercantile flottato siano praticamente gli stessi che intercorrono fra la galena e la calcopirite (più o meno piritosa) contenuto nel materiale che alimenta la flottazione; a Ponente, cioè, la pirite pura non entra nei mercantili piombiferi.

Facciamo notare infine che, per lo studio del Cu e del Fe, abbiamo considerato la produzione mensile totale, cioè quella che si ottiene sommando i quantitativi prodotti per cernita, per idrogravimetria

e per flottazione, rinunciando a tentare uno studio comparativo fra le varie classi di mercantili. Tale studio infatti risentirebbe troppo fortemente dell'influenza dei metodi di arricchimento, per poter dare dei risultati attendibili.

Tratteremo separatamente la zona di Levante e quella di Ponente.

ZONA DI LEVANTE: ESPOSIZIONE E DISCUSSIONE DEI DATI DI OSSERVAZIONE

Abbiamo tracciato le tendenze generali, calcolate con il metodo delle medie ponderali mobili estese ad un periodo di quattro trimestri, dei rapporti Fe/Pb, Cu/Pb, Cu/Fe, e abbiamo riportato i valori medi mensili di tali rapporti.

Appare evidente che sia il rapporto Cu/Pb che il rapporto Fe/Pb hanno tendenza a crescere nel tempo; e, tenendo presente la variazione dei cantieri nel periodo 1947-1958, viene logico ammettere una correlazione fra i valori di tali rapporti e la quota dei cantieri di coltivazione. Abbiamo tentato la ricerca della retta di tendenza dei rapporti Cu/Pb e Fe/Pb col tempo, ottenendo che tale correlazione risulta significativamente positiva.

Se si considera ora il rapporto Cu/Fe si nota che anch'esso è variato nel tempo; ma tale variazione non è avvenuta gradualmente, bensì, a un periodo di valori pressochè costanti, attorno al 16%, che va dal 1947 al 1952, ha fatto seguito un altro periodo ancora a valori pressochè costanti attorno al 12%, che inizia nel 1954 e dura tuttora. L'anno 1953 sarebbe stato l'anno di transizione fra i due periodi.

Considerando la distribuzione dei cantieri di produzione di Levante fra il 1947 e il 1958, tale variazione sembra da collegare con l'esaurimento di alcune ricche lenti del filone S. Antonio, e con il graduale approfondimento delle coltivazioni.

Si trova conferma di tale considerazione, osservando gli istogrammi dei rapporti Cu/Fe; abbiamo disegnato — con i soliti criteri illustrati a proposito dell'Ag — tre istogrammi: l'uno abbraccia tutti i valori compresi fra l'Ottobre 1946 e il Dicembre 1958; il secondo abbraccia i valori del periodo fra l'Ottobre 1946 e il Giugno 1953 e il terzo quelli compresi fra il Luglio 1953 e il Dicembre 1958.

Il primo dei tre istogrammi è chiaramente bimodale, con massimi minori alle estremità, mentre gli altri due sono pressochè simmetrici, a parte qualche anomalia. Le dominanti degli ultimi due coincidono bene con le due dominanti del primo.

Si può concludere che il Cu prodotto fra l'Ottobre 1946 e il Dicembre 1958 deriva essenzialmente da due tipi di calcopirite piritosa con caratteri ben distinti.

La ricerca della retta di tendenza del rapporto Cu/Fe ci conferma — su basi statistiche — l'esistenza di una significativa correlazione negativa fra tale rapporto e tempo, relativamente al periodo Ottobre 1946-Dicembre 1958. Peraltro, il calcolo delle rette di tendenza relativamente ai periodi Ottobre 1946-Dicembre 1952 e Gennaio 1954-Dicembre 1958 non può che dare risultati ambigui, poichè si è in presenza di tratti di linea pressochè retti e orizzontali e — quindi — con coeff. di correlazione al tempo assai prossimo allo zero. Si ricadrebbe cioè nell'incertezza (già lamentata a proposito del rapporto Bi/Pb dei solfuri flottali a Levante) se ci si trovi di fronte a una funzione rettilinea costante nel tempo, o invece a una funzione non lineare del tempo.

Ancora, osservando l'andamento dei diagrammi di tendenza generale, non può sfuggire la loro notevole sinuosità: si noti, in particolare, il periodo di bassi valori nel 1948, e gli alti valori di Cu/Pb (non accompagnati da analoghi alti valori per Fe/Pb) del 1952; e così pure il rialzamento verificatosi a cavallo del 1956-1957. Ciò sta ad indicare una distribuzione a macchie della pirite e della calcopirite nel giacimento; questo fatto, del resto, concorda con la scarsa regolarità dell'istogramma dei rapporti Cu/Fe.

Quanto sopra non infirma, però, le altre deduzioni tratte in precedenza, e cioè che, *mediamente*, le parti profonde sono più pirito-cupriferi che non le parti superficiali; e che l'accrecimento in pirite, a scapito della galena, è stato più rapido dell'accrecimento in calcopirite.

Per cercare se esiste una correlazione fra Cu e Fe, abbiamo tracciato il diagramma delle « nuvole di punti », secondo i criteri illustrati nel Capitolo V°; abbiamo portato, per ogni mese di produzione, in ascissa il valore del rapporto Fe/Pb, e in ordinata il corrispondente valore del rapporto Cu/Pb. Avremmo potuto riportare semplicemente le quantità di Fe e di Cu prodotte in ogni mese: abbiamo preferito

valerci dei rapporti al Pb, sia perchè essi sono più significativi, sia perchè essi danno luogo a scarti percentuali maggiori, e si prestano, così a più chiare interpretazioni.

Nel diagramma abbiamo individuato due nuvole, parzialmente sovrapposte: l'una riguarda le coppie di valori registrati anteriormente al Dicembre 1952 e l'altra quelle posteriori al Gennaio 1954; abbiamo cioè saltato il 1953, che — come s'è detto — rappresenta un periodo di transizione fra due periodi con caratteristiche diverse. Entrambe le nuvole manifestano chiaramente una correlazione positiva fra Cu e Fe, con coefficiente di correlazione significativo.

Se ne può dedurre che, a Levante, pirite e calcopirite sono collegate, e al crescere dell'una cresce anche l'altra. Ma la legge che collega queste due specie minerali non è unica in tutto il giacimento: ne abbiamo riconosciute almeno due, che interessano zone di diversa profondità.

ZONA DI PONENTE: ESPOSIZIONE E DISCUSSIONE DEI DATI DI OSSERVAZIONE.

Abbiamo disegnato le tendenze generali, calcolate con il metodo delle medie ponderali mobili, estese a un periodo di quattro trimestri, dei rapporti Fe/Pb, Cu/Pb, Cu/Fe e abbiamo riportato i valori medi mensili di tali rapporti.

Mentre il rapporto Fe/Pb si mantiene costante, salvo un intervallo di valori relativamente alti fra il 1952 e il 1954, il rapporto Cu/Pb, pur con notevoli oscillazioni, è diminuito dal 1947 al 1958: ciò è anche confermato dalle caratteristiche della retta di tendenza (Tab. 4, riga VIII). Particolarmente interessante è l'andamento delle tendenze generali del rapporto Cu/Fe: esso presenta una serie di massimi e di minimi che si alternano: uno dei massimi, quello che si è verificato nel 1951, raggiunge e supera il valore del rapporto stechiometrico della calcopirite.

L'istogramma del rapporto Cu/Fe per la zona di Ponente, appare chiaramente plurimodale, il che sta ad indicare che a Ponente il Cu è legato a calcopirite e pirite cuprifere irregolarmente distribuite nel giacimento.

Per determinare se esista una correlazione fra Cu e Fe nei minerali cupriferi di Ponente, abbiamo disegnato un diagramma, analogo a quello fatto per Levante. Ma in questo caso la «nuvola di punti» appare equidimensionale e nessun chiarimento ci viene, pertanto, per

questa via. Tutt'al più di può notare, confrontando la posizione dei punti indicatori dei mercantili semi-ossidati con quella dei mercantili a solfuri, che i primi sono spostati verso l'origine degli assi rispetto ai secondi.

Poichè tutto il Cu presente nel rinfuso finisce praticamente nel flottato piombifero, qualunque sia l'associazione mineralogica in cui ricorre il Cu, si può dedurre che le zone ossidate sono più povere di Cu, che il resto del giacimento.

L'analogo ragionamento non si può fare per il Fe, poichè la sua quantità nei mercantili è condizionata dall'efficienza della flottazione, per mezzo della quale si cerca di liberarsi di questo metallo, particolarmente abbondante in zona di ossidazione, inviandolo con gli sterili e non con i mercantili.

CONFRONTO FRA LEVANTE E PONENTE

L'unico confronto possibile fra Levante e Ponente è — per quanto s'è detto a proposito del diverso modo di flottazione nei due impianti — quello fra i rapporti Cu/Pb; in entrambi gli impianti infatti tutta (o quasi) la calcopirite e la pirite cuprifera flottano con il mercantile piombifero.

Appare subito evidente che il rapporto Cu/Pb è mediamente più basso a Ponente che a Levante.

Se volessimo considerare il rapporto Cu/Pb come indice della termalità del giacimento, dovremmo ritenere che la zona di Ponente abbia minor termalità media di Levante; ciò è in contrasto con quanto si può dedurre dallo studio diretto del giacimento, e che ci permette di ritenere che avvenga proprio il contrario.

Se ne può dedurre che nella minerogenesi di Montevecchio, vi debba esser stato un sovrapporsi di fasi diverse, per termalità e composizione, che hanno impresso caratteri in parte contrastanti al giacimento stesso.

Conclusioni.

Dallo studio sui rapporti Cu/Pb, Fe/Pb, Cu/Pb dei mercantili di Montevecchio possiamo trarre le seguenti conclusioni sulla loro distribuzione nel giacimento:

1°) A Levante Cu e Fe tendono a crescere in profondità a scapito del Pb, e il Fe cresce più rapidamente del Cu.

A Ponente invece non si è notata una chiara relazione fra il valore dei rapporti considerati e la profondità.

2°) A Levante esiste proporzionalità diretta fra Cu e Fe; ma la legge che collega questi due metalli non è unica in tutto il giacimento: ne abbiamo potuto riconoscere almeno due, che interessano zone di diversa profondità.

A Ponente la distribuzione della calcopirite e della pirite cuprifera è del tipo a macchie, notevolmente irregolare.

3°) Il rapporto Cu/Pb non può servire da indice del grado di termalità media delle varie zone di Montevecchio: ciò sta ad indicare che — almeno in parte — la deposizione primaria del Pb e quella del Cu sono state indipendenti (1).

Montevecchio - Centro-Studi geo-minerari

Cagliari - Istituto di Giacimenti minerari dell'Università - ottobre 1959.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ALLAN DOUGLAS H. W., *Statistical Quality control*. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1959.
- (2) CAVINATO A.-ZUFFARDI P., *Geologia della Miniera di Montevecchio*. Montevecchio S.I.P.Z., Milano, 1948.
- (3) DESIO A., *Geologia applicata all'ingegneria*. U. Hoepli, 1959, Milano.
- (4) DUGUE, *Traité de statistique théorique et appliquée*. 1958.
- (5) DUVAL R., *Evaluation des Gisements et Tests d'Hypothèse Répartition des Prélèvements*. Annales des Mines, 142° Année, 1953, n. 11.
- (6) DUVAL R., *Contribution à l'Etude de l'Echantillonnage des Gisements*. Annales des Mines, 144° Année, Gennaio 1955.
- (7) DUVAL R., *A propos de l'Echantillonnage des Gisements*. Annales des Mines, 144° Année, Dicembre 1955.
- (8) DUVAL R., LEVY M. R., MATHERON G., *Travaux de M.D.G. KRIGE sur l'Evaluation des Gisements dans les Mines d'Or Sud-Africaines*. Annales des Mines, 144° Année, Dicembre 1955.
- (9) FALINI F., *Il problema della campionatura dei Giacimenti Minerari*. L'Industria Mineraria, 9-10. 1956, Roma.
- (10) GY PIERRE, *Erreur commise dans le prélèvement d'un échantillon sur un lot de minerai*. Congrès des Laveries des Mines Métalliques Françaises. Parigi, Ottobre 1953.

(1) Chi fosse interessato a questi argomenti può richiedere le tavole e le tabelle direttamente agli autori.

- (11) GY PIERRE, *L'échantillonnage des minerais*. Congrès International de la préparation des minerais. Goslar (Harz), Maggio 1955.
- (12) GOLDSCHMIDT V. M., *Geochemistry*. Clarendon Press, Oxford 1954.
- (13) KLEIBER P., MURARD R., *Application de la Statistique mathématique à l'Etude des Gisements Filoniens Aurifères d'A.O.F.* Revue de l'Industrie Minière. Numéro Spécial 1R. La Recherche Minière, Gennaio 1956.
- (14) LIOZOU A., *Initiation Pratique à la Statistique*. Eyrolles et Gauthier Villars, Paris 1957.
- (15) MC CARTY S., *Sampling Opinions*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1958.
- (16) MATHERON G., *Application des Méthodes Statistiques à l'Evaluation des Gisements*. Annales des Mines, 144° Année, Dicembre 1955.
- (17) MATHERON G., *Utilité des Méthodes Statistiques dans la recherche Minière*. Revue de l'Industrie Minière. Numéro Spécial 1R. La Recherche Minière, gennaio 1956.
- (18) MATHERON G., *Théorie Lognormale de l'Echantillonnage Systématique des Gisements*. Annales des Mines. Settembre 1957.
- (19) MOTHE J., *Techniques Modernes de Contrôle des Fabrications*. Dunod. Parigi, 1952.
- (20) PASCAL P., *Traité de Chimie Minérale*. Parigi 1933.
- (21) RANKAMA K., SAHAMA T. G., *Geochemistry*. The University of Chicago Press, 1950.
- (22) RIMATORI C., *La Galena Bismutifera di Rosas (Sulcis)*. Res. Acc. Lincei, XII, Roma 1903.
- (23) ROLANDI G., *Il Piombo*. L'Industria Mineraria, Roma 1956.
- (24) SALVADORI I., ZUFFARDI P., *Sull'Età dei Terreni Paleozoici di Montevecchio Ingurtosu Gennamare*. Res. Ass. Min. Sarda Iglesias, Anno LIX, n. 7, 1955.
- (25) SCHROLL E., *Spurenelementparagenese (Mikroparagenese) Ostalpiner Zinkblenden*. Anzeiger d. Math. Naturw. Kl. d. Osterr. Akad. d. Wiss. Nr. 2, S. 1 (1950).
- (26) VOLK W., *Applied Statistic for Engineers*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York 1958.
- (27) ZUFFARDI P., *Il Giacimento Piombo-Zincifero di Montevecchio (Sardegna)*. XVIII Congresso Geologico Internazionale e Atti del II Congresso Minerario Italiano, Iglesias 1948.
- (28) ZUFFARDI P., *Primi risultati delle Ricerche sulla Profondità delle Mineralizzazioni e sull'Imbasamento Granitico di Montevecchio*. Res. Ass. Min. Sarda, Iglesias, Anno LVII, n. 5, 1953.