

ALFREDO FERRARIO

I GIACIMENTI CUPRIFERI NELLE PILLOW-LAVAS DELLA LIGURIA ORIENTALE (*)

ABSTRACT. — *Copper deposits in Eastern Ligurian pillow lavas.*

Mainly copper deposits associated with Eastern Ligurian ophiolites occur in different litotypes as peridotites (more or less serpentinized), metagabbros, pillow or sheeted spilitic diabases. The most important copper deposits (Ripa della Fugaja, Le Cascine, M. Bardeneto, Libiola, Gallinaria, Casali, M. Loreto) are related with pillow lavas of Jurassic-Cretaceous age.

Pyrite and chalcopyrite are common minerals within ore body of different shapes: massive, disseminated, stockwork. The mineralogical association is defined by pyrite, chalcopyrite, pyrrotite, marcasite, sphalerite, mackinawite, magnetite, quartz.

Ores are stratigraphically related with upper pillow flows. Comparison between these ore deposits and Cyprus copper deposits confirmed furtherly the very close interdependence between later submarine volcanic episode and ores. These ones, from a genetic point of view, seem controlled by different parameters: environmental, geomorphological, chemical.

Other important plutono-volcanic associations of the Earth (Greece, Turkey, Canada, Cuba, Philippines) show a very similar geological and ore petrological evidence with Cyprus and Ligurian ophiolites.

Iron-copper deposits, in the associations above, are related with andesitic-basaltic pillow lavas of a preorogenic submarine volcanism of different age

(*) Lavoro eseguito presso la Cattedra di Giacimenti Minerari dell'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università degli Studi di Milano, sotto gli auspici del C.N.R., nel quadro delle ricerche geominerarie relative al contratto n. 72.00070. 05. 115. 7052.

L'A. desidera ricordare il defunto prof. Dino di Colbertaldo che promosse e indirizzò le prime ricerche di questo lavoro.

La Cyprus Mines Corporation ed il suo servizio geologico nell'anno 1968 hanno fornito mezzi e assistenza necessari per lo studio delle miniere di rame dell'isola di Cipro.

Un grazie particolare al prof. Luciano Brigo per le proficue discussioni e per la lettura critica del manoscritto.

(Precambrie, Devonian, Giurassie-Cretaceo) and can be seen as a stratigraphic ore marker characterized by:

- a) constant position of deposits (in upper levels of pillow flows);
- b) isochemical composition of ores: (Fe, Cu, Zn), rare platinum and Au, absence of Pb;
- c) the sedimentary formation above these deposits which starts with siliceous, tuffitic, shale levels often in manganeseiferous minerals rich.

Introduzione.

Le ofioliti della Liguria Orientale costituiscono con i loro affioramenti una fascia con direzione N.NO-S.SE, evidenziata dalla discontinuità della copertura sedimentaria; esse contengono numerose mineralizzazioni cuprifere, associate, con caratteristiche diverse, alle peridotiti più o meno serpentinite, ai metagabbri, ai diabasi spilitici tabulari o a pillows. I giacimenti più importanti, da un punto di vista economico, sono quelli di Ripa della Fugaja, Le Cascine, M. Bardone, Libiola, Gallinaria, Casali, M. Loreto e sono legati ai diabasi a pillows stratigraficamente sovrapposti alle peridotiti ed ai metagabbri.

Sulle ofioliti in generale e sui diabasi a pillows in particolare, possono giacere tutti i termini della serie sedimentaria: Diaspri, Calcari a Calpionelle, Argille a Palombini, Scisti di Val Lavagna. Il passaggio a questi litotipi è sovente determinato da breccie monogeniche a cemento carbonatico (GALLI 1964, DECANDIA ed ELTER 1972) o da livelli argillosi.

Le pillow-lavas.

Queste rocce sono costituite dall'accumulo di singoli pillows, aventi forma da sferoidale ad ellissoidica, con diametro medio compreso generalmente fra i 60 cm e i 2 m. Il materiale interpillows, con spessori dell'ordine del cm, può essere sia vulcanico sia sedimentario. I pillows possono presentare due sistemi di fratturazione: radiale e concentrica; quando coesistono essi danno alla roccia un aspetto intensamente brecciato. La struttura esterna dei pillows è solitamente variolitica, mentre quella interna può essere da intersertale ad ofitica.

L'associazione mineralogica più comune è data da plagioclasio (An 5%-20% circa), pirosseno augitico, clorite, calcite, epidoto, mica bianca, prehnite, pumpellyite, rutilo, titanite, pirite. Galli (1964), GALLI e CORTESOGNO (1970) hanno eseguito uno studio petrografico di queste rocce.

Mentre è accertato che i pillows sono legati, da un punto di vista genetico, ad un ambiente sottomarino, il loro meccanismo formazionale è tuttora incerto e diverse sono le ipotesi formulate al riguardo (LEWIS 1914, FULLER 1940, HENDERSON 1953, RITTMANN 1962).

Inoltre sembra definitivamente accertata l'influenza della profondità di formazione su particolari caratteristiche fisiche dei pillows (MOORE 1965): dimensioni degli stessi, percentuale e dimensioni dei vacuoli contenuti, peso specifico. Secondo RITTMANN (1962) esisterebbe una profondità critica, di 2000 m circa, oltre la quale i gas rimangono molecolarmente disciolti nel magma influenzando fortemente su alcune di queste caratteristiche. In alcuni pillows di Villa Libiola il diametro medio misurato dei vacuoli è di 200 micron circa che secondo MOORE (1965) è indicativo di una profondità variabile intorno ai 2000 m. E' evidente che solo uno studio statistico più accurato ed esteso può fornire una interpretazione paleobatimetrica dei pillows della Liguria Orientale che, per ora, viene suggerita dalle caratteristiche ambientali profonde della serie sedimentaria soprastante.

La serie sedimentaria.

La successione completa è presente nella zona del giacimento di M. Bardeneto; altrove possono mancare uno o più termini a partire dalla formazione dei Diaspri. Tali hiatus di sedimentazione e la variabilità di spessore delle formazioni, DECANDIA ed ELTER (1972) possono suggerire l'esistenza di un fondo marino con morfologia molto variabile che controllava la sedimentazione penecontemporanea e successiva alle ultime effusioni laviche.

Formazione dei Diaspri (Malm): il passaggio tra pillow-lavas e questa formazione è solitamente definito da sottili straterelli argillosi color verde chiaro dello spessore medio di 2-3 cm circa.

Allontanandosi dal contatto la componente silicea diventa fondamentale; gli strati color rosso mattone, spessore medio di 30 cm, pos-

sono essere alternati a livelli manganesiferi contenenti piccole quantità di calcopirite ed ematite.

La potenza massima di tale formazione è di 400 m circa (M. Bardeneto).

Formazione dei Calcari a Calpionelle (Giurassico sup.-Cretacico inf.): la transizione fra questa formazione e quella precedente è stabilita da una alternanza ritmica di livelli silicei e calcareo-marnosi potenti rispettivamente 40 cm circa che si ripetono regolarmente per 10-15 m. Questa formazione, come già accennato, può giacere sui vari termini ofiolitici; le transizioni con questi sono stabilite da sottili livelli pelitici DECANDIA ed ELTER (1972).

Formazione delle Argille a Palombini (Giurassico sup.-Albiano): è costituita da alternanze irregolari di marne, calcari e argille che raggiungono una potenza massima di alcune centinaia di m. A Ripa della Fugaja questa formazione giace a diretto contatto con i diabasi a pillows. DECANDIA ed ELTER (1972) descrivono invece un suo contatto diretto con i diaspri.

Formazione degli Scisti di Val Lavagna (Albiano-Cretacico sup.): si differenzia dalla precedente per la scomparsa dei livelli calcarei e per la presenza di livelli marnosi, argillosi, arenacei alternantisi tra di loro. Questa formazione viene considerata, in parte, come un deposito in facies di flysch (DECANDIA ed ELTER 1972). Nella zona di Villa Libiola gli scisti di Val Lavagna sono a contatto primario con le pillow-lavas.

Le mineralizzazioni.

I corpi minerari nelle pillow-lavas hanno strutture variabili: *massiccia*, a « *stockwork* », *disseminata* e possono coesistere in un singolo giacimento come per esempio a M. Loreto, Libiola e Gallinaria.

I corpi minerari con struttura massiccia (Le Cascine, M. Bardeneto, Libiola, Gallinaria, M. Loreto), costituiti essenzialmente da pirite e calcopirite, hanno forma variabile da sferoidale a lenticolare con dimensioni da pochi dm³ a diverse migliaia di m³. La loro giacitura è generalmente subparallela alla superficie delle colate a pillows. I corpi con struttura disseminata (Le Cascine, M. Bardeneto, Libiola, Gallinaria) accompagnano sovente quelli a struttura massiccia; essi consistono in una distribuzione di pirite e calcopirite in minuscole

mosche sia nei pillows sia nel materiale vulcanico o sedimentario della matrice di questi.

I corpi minerari con struttura a « stockwork » (Ripa della Fugaja, Libiola, Gallinaria, Casali, M. Loreto) sono definiti da un intreccio più o meno fitto di vene costituite da quarzo, calcopirite e pirite, derivato da cementazione di zone di breccia tettonica e di fratturazione dovuta a fenomeni di raffreddamento dei pillows.

La loro giacitura è inclinata o subverticale rispetto alla superficie delle colate diabasiche.

L'associazione mineralogica di questi giacimenti è rappresentata da: *pirite*, *calcopirite*, *marcasite*, *blenda*, *pirrotina*, *mackinawite*, *magnetite*, *quarzo*.

La pirite, che risulta il minerale più abbondante, è presente in cristalli cubici, in plaghe intergranulari e sotto forma di micro-inclusioni nei cristalli idiomorfi albitici (M. Bardeneto, Libiola).

La pirite idiomorfa contiene inclusi di pirrotina, magnetite in cristalli ottaedrici o in goece, marcasite (Gallinaria, M. Loreto) e presenta spesso una anisotropia anomala (figg. 1 e 4).

Alla pirite è quasi sempre associata la calcopirite, talora con inclusioni di mackinawite (Libiola, Le Cascine), di pirrotina e di blenda marmatitica. Quest'ultima può presentarsi in forme stellari disposte lungo i piani di sfaldatura della calcopirite (fig. 3).

La pirite con inclusi di « stelle di blenda » (RAMDOHR 1969) del giacimento di Gallinaria rappresenta una struttura ereditata dalla sostituzione su calcopirite. Smistamenti di calcopirite nella blenda sono comuni nei giacimenti di Libiola, Gallinaria, Le Cascine, M. Bardeneto. In quest'ultimo è stato osservato inoltre un fenomeno di pseudomorfosi di blenda su pirosseno (FERRARIO 1969, COLBERTALDO 1971) (figg. 2 e 3).

Il quarzo, minerale poco abbondante nei corpi minerari con struttura massiccia e disseminata, diventa predominante in quelli a « stockwork » dove, con la calcopirite, compare in forme di impregnazione e riempimento.

Covellina, ematite e goethite sono comuni in tutti i giacimenti come prodotti di alterazione dei minerali primari di rame e ferro.

Minerali quali spinelli (sovente a composizione zonata tipo cromite - picotite - magnetite), titanite, rutilo, anatasio, ilmenite, calcite sono presenti frequentemente e sono da considerarsi componenti accessori della roccia.



Fig. 1. — Giacimento di M. Bardeneto: pirite massiccia (bianco), cristalli idiomorfi albitici con microinclusioni di pirite. 165 X

**Considerazioni minerogenetiche conclusive;
rapporti con i giacimenti cupriferi dell'isola di Cipro.**

Le ricerche e i lavori di parecchi studiosi e di compagnie minerarie hanno reso possibile, in questi ultimi decenni, il ritrovamento in diverse regioni del mondo di numerosi depositi cupriferi con caratteristiche simili a quelle della Liguria Orientale.

Si è potuto stabilire, quindi, l'importanza di questi giacimenti oltre che da un punto di vista economico, anche da quello genetico.

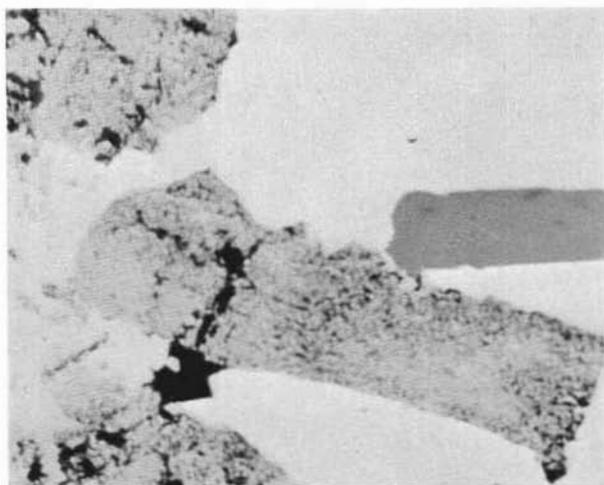


Fig. 2. — Giacimento di M. Bardeneto: cristalli albitici con microinclusioni di pirite, blenda (grigio chiaro) pseudomorfa su un individuo albitico in pirite (bianco). 165 ×

Essi sono da porre in relazione a particolari momenti evolutivi dei grandi complessi plutono-vulcanici di tipo basico. Uno di questi è quello di Troodos nell'isola di Cipro, nel quale le analogie geo-giacimentologiche con le ofioliti della Liguria Orientale sono particolarmente evidenti.

Il massiccio di Troodos, affiorante in forma ellittica allungata, presenta, dal nucleo verso l'esterno, un passaggio da termini ultra-

basici a basici e presenta, nella cintura più esterna, effusioni basaltiche a pillow-lavas contenenti i più importanti giacimenti cupriferi dell'isola.

Le relazioni fra le pillow-lavas di Troodos e la soprastante formazione sedimentaria di Parapedhi (Cretacico sup.) sono ben visibili nell'area del giacimento di Skouriotissa, dove a partire dalle pillow-lavas si trovano in successione argille brune laminate ricche in ossidi di ferro e manganese e in letti di pirite, argille laminate nere, tufi con livelletti di diaspri, marne, calcari di scogliera particolarmente ricchi in associazioni coralline.

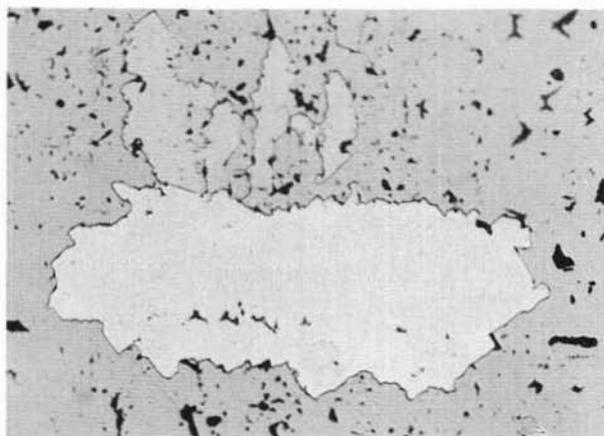


Fig. 3. — Giacimento di Gallinaria: blenda in forme stellari nella pirite (bianco) e nella calcopirite (grigio chiaro).

265 ×

La presenza di questa sequenza sedimentaria, associata a pillow-lavas (diametro medio dei pillows variabile fra 1 e 9 m, alta percentuale in vacuoli con diametro medio superiore al mm) presuppone un ambiente di effusione poco profondo e una probabile fase esalativa finale con deposizione di tufiti e argilliti ricche in letti di pirite.

Alla luce di questi dati è lecito correlare le mineralizzazioni dell'isola di Cipro con quelle della Liguria Orientale: entrambe sono legate ad un magma basico che concluse il suo processo di differen-

ziazione con termini effusivi in un ambiente sottomarino, di tipo neritico per i basalti ciprioti e pelagico profondo per i diabasi liguri. Nel primo ambiente le condizioni di pressione e temperatura non elevate e il grande sviluppo di una fase gassosa contribuirono alla separazione dalle soluzioni idrotermali, di gel di solfuri che si depositarono sulle depressioni morfologiche delle pillow-lavas (in accordo con KORTAN 1970). Le strutture colloformi estremamente vacuolari di pirite e calcopirite, le associazioni mineralogiche indicative di formazioni di

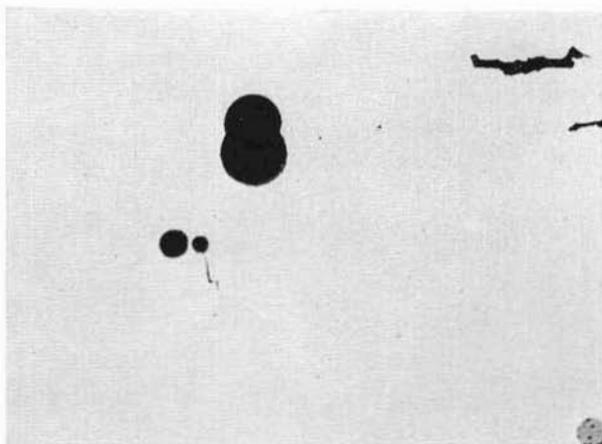


Fig. 4. — Giacimento di Gallinaria: gocce di magnetite (nero) in pirite (grigio). 265 ×

bassa temperatura, rara magnetite e assenza praticamente costante di pirrotina, completano questo quadro genetico.

Nell'ambiente pelagico profondo della Liguria Orientale le mineralizzazioni si concentrarono sia nelle depressioni morfologiche delle colate a pillows (strutture massicce e disseminate), sia lungo zone di frattura di queste (strutture a « stockwork ») con una fenomenologia molto simile a quella dell'isola di Cipro, ma con parametri di pressione e temperatura molto più elevati. Le strutture compatte di pirite e calcopirite, l'associazione costante di magnetite, pirrotina, pirite e calcopirite, la presenza di gocce di minerali metallici in silicati o in altri minerali, che secondo RAMDOHR (1969) sono tipomorfe dello

stadio ortomagmatico, contribuiscono a definire un ambiente caratterizzato, oltre che da pressione elevata, anche da alta temperatura iniziale.

Le analogie geo-giacimentologiche osservate per le mineralizzazioni cuprifere nelle pillow-lavas della Liguria Orientale e dell'isola di Cipro sono estendibili anche a quelle contenute in altre grandi associazioni plutono-vulcaniche della Terra: Grecia, Turchia, Canada, Cuba, Filippine (PELLISSONIER 1972).

Al riguardo risultano significativi i giacimenti cupriferi compresi nel Keewatin «greenstone» belt del Canada del tutto simili a quelli ciprioti (HUTCHINSON 1965).

Le mineralizzazioni a ferro e rame contenute in pillow-lavas, solitamente a chimismo andesitico-basaltico, e attribuibili ad un vulcanismo preorogenco di tipo sottomarino (Precambriaco, Silurico, Permico, Giurassico-Cretacico) costituiscono, quindi, un *marker stratigrafico-giacimentologico* di notevole importanza caratterizzato:

a) dalla posizione dei giacimenti nei livelli superiori delle pillow-lavas;

b) dall'isochimismo delle mineralizzazioni (Fe, Cu, Zn) con saltuaria presenza di platinoidi e Au e con assenza praticamente costante di Pb;

c) dalla serie sedimentaria soprastante i cui orizzonti inferiori sono generalmente costituiti da livelli silicei, tuffitici, argillosi, sovente ricchi in minerali manganesiferi.

In Italia alcuni giacimenti cupriferi toscani (tipo Montecatini Val di Cecina) e alpini (nelle prasiniti) potrebbero rientrare in questo quadro minerogenetico anche se, la complessità dell'ambiente geologico per i primi e il metamorfismo per i secondi, rende difficili e premature queste analogie.

BIBLIOGRAFIA

- COLBERTALDO D. (di) (1971) - *Sostituzioni idrotermali di silicati da parte di minerali metallici osservati in sezioni lucide e sottili*. *Natura*, 62/2, 177-186, Milano.
- DECANDIA F. A., ELTER P. (1972) - *La «zona» ofiolitiferà del Bracco nel settore compreso fra Levanto e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*. 66° Congresso della Soc. Geol. It., Pisa-Sestri Levante, Settembre 1972, 37-64.

- FERRARIO A. (1969) - *I giacimenti cupriferi della Liguria Orientale*. Tesi di laurea, Ist. di Min., Petr., Geochim., Milano.
- FULLER R. E. (1940) - *Ellipsoidal structure as the gigantic disperse phase of an emulsion*. Geol. Soc. America Bull., 51, 2022.
- GALLI M. (1964) - *Le ofioliti dell'Appennino Ligure*. Ann. Museo Civ. St. Nat. Genova, 74, 233-343.
- GALLI M., CORTESOGNO L. (1970) - *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche dell'Appennino Ligure. Nota XIII. Fenomeni di metamorfismo di basso grado in alcune rocce della formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure*. Rend. S.I.M.P., 26, 599-647.
- HENDERSON J. F. (1953) - *On the formation of pillow lavas and breccias*. Roy. Soc. Canada Tr., ser. 3, sec. 4, 47, 23-32.
- HUTCHINSON R. W. (1965) - *Genesis of canadian massive sulphides reconsidered by comparison to Cyprus deposits*. The Can. Min. and Metal. Bull., 68, 286-300.
- KORTAN O. (1970) - *Zur Bildung der Schwefelkies-Kupferkies - Vorkommen Cyperns unter besonderer Berücksichtigung der Lagerstätte Skouriotissa*. Diss. Techn. Univ. Clausthal.
- LEWIS J. V. (1914) - *Origin of pillow lavas*. Geol. Soc. America Bull., 25, 591-654.
- MOORE J. G. (1965) - *Petrology of deep - sea basalt near Hawaii*. Am. Jour. of Science, 263, 40-52.
- PELLISSONIER H. (1972) - *Les dimensions des gisements de cuivre du monde*. Mémoires du B.R.G.M., n° 57.
- RAMDOHR P. (1969) - *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, Oxford.
- RITTMAN A. (1962) - *Volcanoes and their activity*. Interscience Pub., New York.