

STEFANO ZUCCHETTI

PRIME OSSERVAZIONI SUI MINERALI NICHELIFERI
(FERRO - NICHEL NATIVO E SOLFURI)
IN SERPENTINITI DELLA LIGURIA

RIASSUNTO. — Si segnala la presenza di minerali metallici del nichel nelle serpentiniti comprese nella formazione ofiolitica della Liguria, sia in quella occidentale (« Gruppo di Voltri »), sia in quella orientale (formazione flyschioide degli argilloscisti ofiolitiferi).

I principali minerali reperiti e descritti sono un ferro-nichel nativo ed alcuni solfuri, quali heazlewoodite, pentlandite, millerite e bravoite.

Si confrontano le mineralizzazioni dei due gruppi liguri fra loro e con analoghe mineralizzazioni riscontrate in precedenza in serpentiniti delle Alpi occidentali.

SUMMARY. — The presence of metallic nickel minerals is reported in the serpentinites included in the ophiolitic formation in Liguria, both in the western (« Voltri Group ») and in the eastern (« ophiolitic shales » flysch formation).

The main found and described minerals are a native nickel-iron and some sulphides, such as heazlewoodite, pentlandite, millerite and bravoite.

A comparison is made of the mineralizations of both ligurian groups to each other and to analogous mineralizations previously found in serpentinites of the western Alps.

Considerazioni introduttive.

In occasione del 26° Congresso della S.I.M.P., svoltosi a Roma nel settembre 1969, ho dato notizia del reperimento di minerali nicheliferi sia nei giacimenti di serpentinite amiantifera di Balangero, in provincia di Torino, e di Sampeyre, in provincia di Cuneo, sia nelle serpentiniti non amiantifere di numerose altre località, site nell'arco alpino occidentale, nelle provincie di Torino e di Aosta [1].

Lo studio aveva preso l'avvio in connessione col problema del ricupero del nichel dalle serpentiniti, in particolare da quelle amianti-

fere [2], da tempo prospettato in Italia [3], ma non ancora realizzato su scala industriale, forse anche per le insufficienti conoscenze che si avevano sulla natura dei minerali nicheliferi in esse contenuti (1).

A Balangero avevo individuato un ferro-nichel nativo, del tipo della josephinite, di composizione prossima ad FeNi_3 , associato ad alcuni solfuri nicheliferi, quali la pentlandite, la heazlewoodite, la bravoite, la millerite (ciò che rappresentava una novità in senso assoluto per il nostro paese), precisandone la distribuzione nell'area coltivata ed in altre viciniori [4, 5].

Avevo successivamente preso in esame la serpentinite del giacimento amiantifero di Sampeyre, in Val Varaita, e, per utili confronti, quelle prive di fibra di numerose località delle Alpi Occidentali, precisamente delle Valli del Sangone, di Susa e di Lanzo, in provincia di Torino, e di quelle di Gressoney, Ayas e Valtournanche, in provincia di Aosta [6].

Lo studio condotto sui materiali raccolti mi aveva consentito di riscontrare un quadro dei minerali metallici (in particolare nicheliferi) abbastanza uniforme in tutte le serpentiniti esaminate, simile a quello osservato nel giacimento di Balangero.

Pur tenendo conto delle differenze nelle diverse zone e nei diversi campioni studiati di una stessa zona per quanto concerne frequenza, distribuzione, dimensioni, forme, associazioni e relazioni dei vari minerali, avevo potuto fornire una descrizione unitaria delle varie mineralizzazioni, così compendiate.

I minerali metallici, in gran parte nicheliferi, individuati nelle varie serpentiniti studiate erano:

- magnetite, ferro-nichel nativo, pentlandite: presenti praticamente in tutti i campioni di ogni zona (il ferro-nichel, in particolare, è risultato presente in tutti gli oltre duecento campioni di serpentiniti più o meno amiantifere raccolti sistematicamente lungo i vari gradoni della miniera di Balangero);

(1) Si tenga presente che i calcoli di cubatura effettuati sul giacimento di serpentinite amiantifera di Balangero fanno ascendere a qualche decina di milioni di metri cubi il volume della roccia mineralizzata in vista, di cui è noto il tenore medio di nichel, già valutato da studi precedenti intorno allo 0,17-0,18%, e che, in connessione con la produzione della miniera, si può valutare in oltre 3.000 t/a il quantitativo di nichel gettato in discarica.

- heazlewoodite, bravoite: presenti in parecchi campioni di quasi tutte le zone;
- mackinawite, pirrotina, calcopirrotina (probabile): presenti in pochi campioni di alcune zone;
- millerite, cobalto-pentlandite, valleriite: presenti in alcuni campioni del giacimento di Balangero.

Il ferro-nichel nativo, in queste serpentiniti, è disseminato con una certa uniformità, in minuti individui — di dimensioni massime sul millimetro, frequenti fra pochi centesimi ed alcuni decimi di millimetro — aventi forma appiattita, di lamine sottili, a contorni quasi sempre molto irregolari, tortuosi e s'frangiati, e, solo subordinatamente, di cristallini con abito idiomorfo o subidiomorfo; molto raramente è distribuito in esili venule.

Le lamine di ferro-nichel ricorrono sovente isolate nelle serpentiniti, non associate ad altri minerali metallici, incluse sia nell'aggregato feltrato di lamelle antigoritiche di cui sono costituite essenzialmente tali rocce, sia talora nelle minute fratture dei più comuni accessori, quali l'olivina, i pirosseni, gli anfiboli, o nei nastri di serpentino costituenti il tipico reticolato a maglie negli individui di olivina od anche, meno spesso, fra le fibre di crisotilo.

Ma altrettanto sovente esse, anzichè sole, sono intimamente associate ad uno o più solfuri nicheliferi (pentlandite, heazlewoodite, bravoite, millerite) oppure, meno spesso, alla magnetite, o molto raramente alla pirrotina.

Anche i solfuri nicheliferi sono disseminati nelle varie serpentiniti in cristallini di minute dimensioni, sia isolati, sia associati fra loro o, come detto, col ferro-nichel, che talora sostituisce più o meno estesamente la pentlandite.

Le considerazioni che si potevano formulare al termine di quello studio erano le seguenti:

- il nichel nelle serpentiniti studiate è legato non già esclusivamente ai minerali silicatici, come ritenuto in passato, ma, almeno parzialmente, ai numerosi minerali metallici identificati e descritti;
- il ferro-nichel nativo e la pentlandite, presenti in tutti i campioni di tutte le zone studiate, sono da considerarsi quali normali minerali accessori di quelle serpentiniti, siano esse asbestifere o meno;

- gli altri solfuri nicheliferi sono distribuiti in modo meno uniforme e, talora, con carattere di occasionalità;
- la presenza di questi minerali nicheliferi è indipendente da quella del crisotilo;
- in numerose peridotiti esaminate, poco o punto serpentinite, il ferro-nichel è assente, così come lo sono altri minerali metallici del nichel, ad eccezione di minutissimi individui — osservati solo in alcune delle sezioni lucide studiate, disseminati irregolarmente nella roccia — che si possono riferire alla pentlandite, anche se, a causa delle dimensioni molto piccole, la diagnosi non è assolutamente certa;
- circa la genesi del ferro-nichel, fino allora controversa, non si poteva accettare l'ipotesi, formulata ad esempio da Nickel [7] per il minerale reperito nelle serpentinite asbestifere dei giacimenti canadesi di Asbestos e Thetford, che esso si sia formato contemporaneamente alla serpentinitizzazione di originarie peridotiti, ma esclusivamente mediante l'utilizzazione di una parte del nichel contenuto, come elemento vicariante del magnesio, nei silicati primari e mobilizzato nel processo metamorfico. Nelle serpentinite studiate, il ferro-nichel è infatti frequentemente associato coi solfuri, in specie con la pentlandite, che talora ne viene sostituita, inclusa in forma di veri e propri relitti, in taluni casi trattandosi di una vera e propria pseudomorfosi: per cui si deve ammettere che almeno una parte di esso si sia generata per trasformazione di solfuri. D'altronde, relazioni di interdipendenza fra ferro-nichel nativo e solfuri nicheliferi nelle serpentinite già erano state rilevate da altri Autori, ad esempio da De Quervain [8, 9], Avias e Caillère [10], Picot [11], Krishnarao [12] e Ramdohr [13].

Questi, in particolare, sulla scorta delle osservazioni effettuate sulla josephinite dell'Oregon (masse botrioidali, aggregati muschiformi, deposizione ritmica con rame nativo, rapporti coi litoidi) ha escluso che la deposizione del minerale sia avvenuta ad elevata temperatura, tanto meno quale prodotto di segregazione magmatica, come ipotizzato in passato.

In accordo con tali risultanze, anche per il ferro-nichel studiato, si poteva ragionevolmente pensare ad una sua deposizione tardiva nella formazione delle serpentinite, come d'altronde testimoniato dalle sue relazioni sia coi minerali metallici che con quelli litoidi.

I minerali nicheliferi.

Rilevata quindi la diffusione di minerali metallici del nichel nelle serpentiniti piemontesi ed aostane, ho iniziato lo studio, con uguale finalità, delle ultramafiti che, affiorando su vaste aree, sono comprese nella formazione ofiolitica della Liguria, sia in quella occidentale che nell'orientale, e desidero qui esporre alcuni risultati preliminari di questo studio, sulla scorta dei dati di osservazione finora acquisiti.

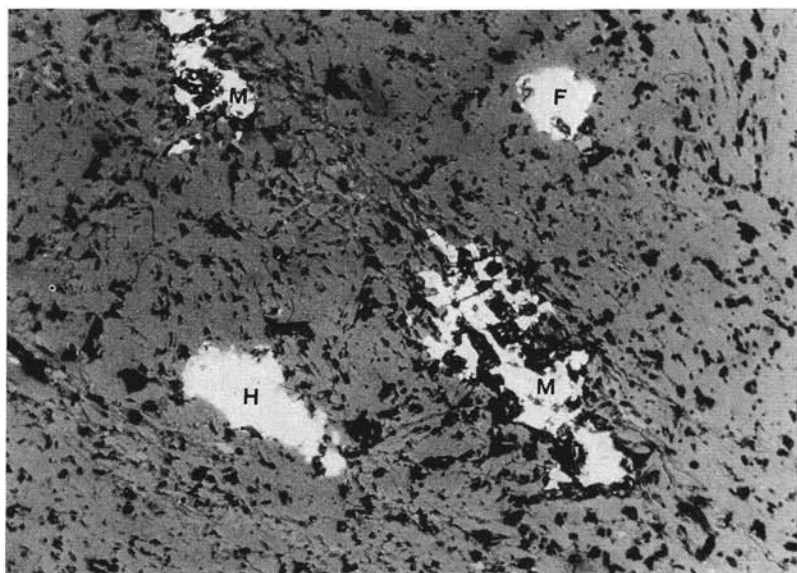


Fig. 1. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite banchiforme dei dintorni di Rossiglione (Gruppo di Voltri). Ferro-nichel nativo (F), heazlewoodite (H) e magnetite (M) (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

Com'è noto, le ofioliti liguri sono distribuite in due distinte zone, cui corrispondono due diversi ambienti metamorfici, l'uno di tipo alpino, nella Liguria occidentale [14, 15, 16, 17, 18], l'altro di tipo appenninico, prevalentemente nella parte orientale della regione [19, 20, 21, 22].

A grandi linee, si può ricordare che nel primo gruppo (indicato nella letteratura come « Gruppo di Voltri ») le ofioliti ricorrono in un

contesto metamorfico caratterizzato da una fase precoce di alta pressione, con facies di scisti a glaucofane ed eclogiti, cui si sovrappongono associazioni in facies di scisti verdi [23]. Le ultramafiti, più o meno profondamente serpentinite, sono predominanti rispetto ai gabbri e sono associate a calcescisti, prasiniti ed anfiboliti: presentano le più svariate caratteristiche di aspetto, colore, tessitura, struttura. I minerali del serpentino sono in genere rappresentati da prevalente antigorite con subordinato crisotilo.

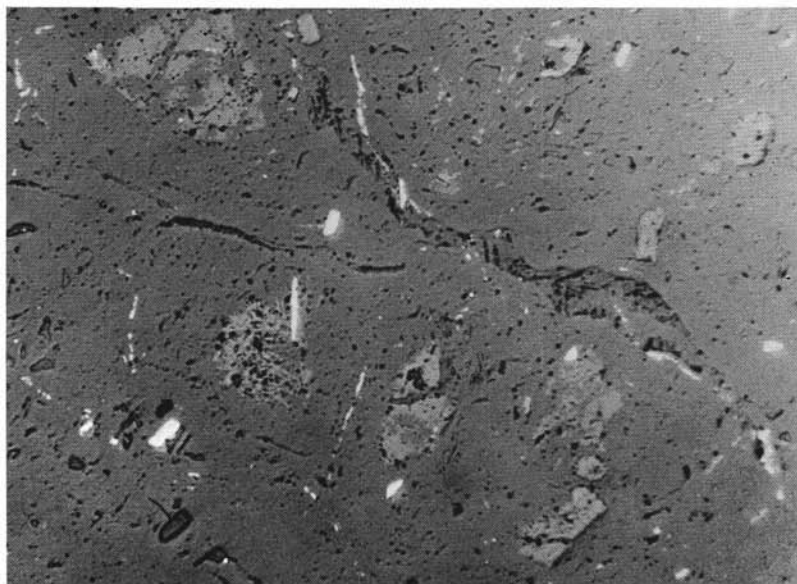


Fig. 2. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Arenzano (Gruppo di Voltri). Heazlewoodite in minuti individui (bianchi brillanti) disseminati nella roccia (solo polarizzatore; ingr. lin. 80).

Nel secondo gruppo, sviluppato in prevalenza nella Liguria orientale, dalla Spezia al Chiavarese e, verso l'entroterra, fino alla Val Trebbia, le ofioliti sono rappresentate da peridotiti, più o meno intensamente serpentinite, da gabbri e da diabasi massicci o a pillows ed appartengono alla formazione flyschioide degli « argilloscisti ofiolitiferi » [24], in cui è ampiamente rappresentata la facies a prehnite-pumpellyite, a testimonianza di un ambiente di debole metamorfismo

regionale [25]. Le serpentiniti sono per lo più rappresentate da termini a lizardite [26] e crisotilo.

Venendo ora a dire dei minerali nicheliferi, inizio dal « Gruppo di Voltri ». Le campionature sono state effettuate nella zona meridionale costiera (da Albisola a Varazze, ad Arenzano, a Voltri) e nell'immediato entroterra [27, 28, 29]; lungo il margine orientale, che si estende da Sestri Ponente, attraverso i Piani di Praglia, fino a Voltaggio; lungo la fascia a Nord di Voltri, per Campo Ligure e Rossi-

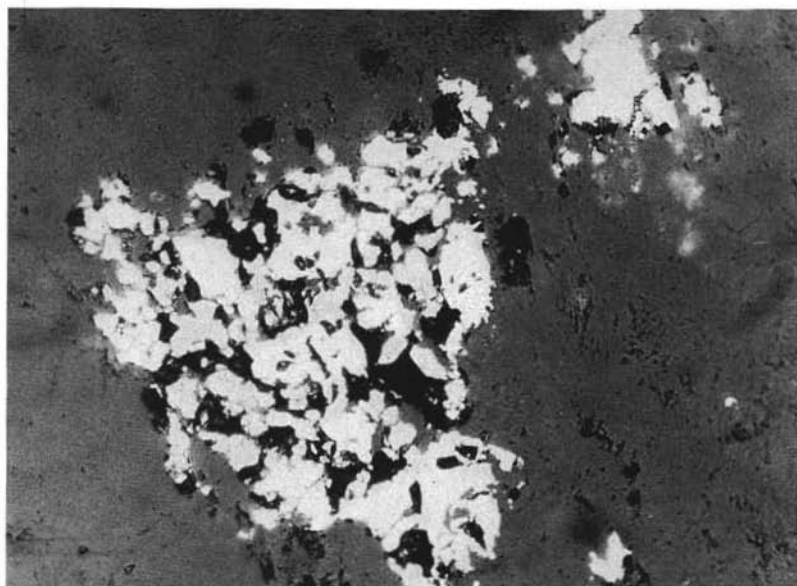


Fig. 3. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Spigno (Valle della Bormida). Plaghe di pentlandite (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

glione; nella parte centrale, nei dintorni di Tiglieto ed Urbe [30]; infine nella zona occidentale, nei dintorni di Sassello e Pontinvrea, fino alle estreme masse isolate della Valle Bormida, da Cairo a Deigo, a Spigno.

Giova ricordare che per alcune serpentiniti di questo gruppo sono noti i valori del contenuto in nichel, i quali sono di un ordine di grandezza che si può definire « abituale », cioè compresi fra 0,1 e 0,3% :

ad esempio Penco [31], analizzando serpentiniti banchiformi dei dintorni di Rossiglione, nella Valle Stura di Ovada, ha determinato, su 3 campioni, tenori di NiO pari a 0,24, 0,20 e 0,24% rispettivamente.

Il quadro dei minerali metallici del nichel riscontrati si è rivelato analogo a quello delle serpentiniti dell'arco alpino occidentale, per quanto attiene alla loro natura, ai caratteri di forma e di dimensione, al loro presentarsi nella roccia; finora non ho però riscontrato quella uniformità nella frequenza e nella regolare distribuzione di questi

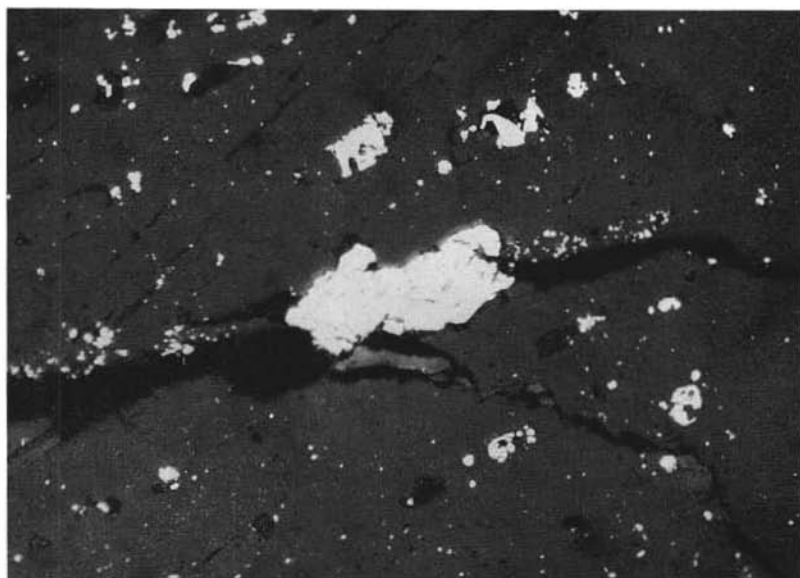


Fig. 4. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni del Colle del Giovo (Gruppo di Voltri). Millerite (al centro), in cui si intravedono tracce di sfaldature. Gli altri minuti granuli chiari sono di magnetite (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

minerali, quello che si poteva definire un monotono ripetersi nella loro ricorrenza nelle varie serpentiniti allora esaminate e che aveva consentito una descrizione unitaria delle diverse mineralizzazioni.

I minerali metallici nicheliferi sono ancora un ferro-nichel nativo (fig. 1) ed i solfuri quali la heazlewoodite (figg. 1, 2), la pentlandite (fig. 3), la bravoite, la millerite (fig. 4), in minuti individui lamellari o granulari, irregolarmente disseminati, isolati oppure più o meno in-

timamente associati fra loro o con la magnetite, di dimensioni frequenti intorno a 0,1 mm, talora di pochi decimi di millimetro, eccezionalmente fino a circa 1 mm.

E' però da precisare che il minerale più frequente sembra essere la heazlewoodite (fig. 2), anche se manca in qualche zona; il ferro-nichel non è un normale accessorio, come nei tipi alpini occidentali studiati, ma ricorre solo qua e là, in alcune delle serpentiniti esaminate (così, ad esempio, è ben rappresentato in quelle della Valle Stura

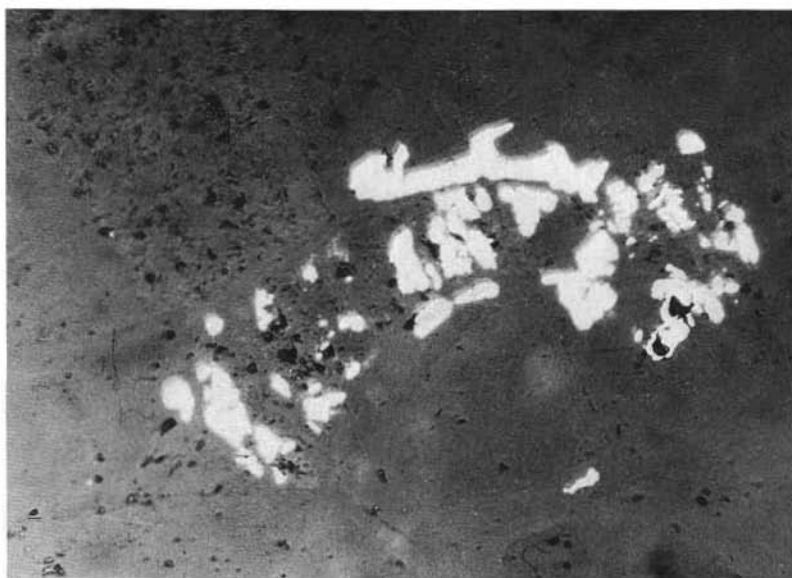


Fig. 5. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Rocchetta Vara. Gruppo di plaghe di ferro-nichel nativo (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

e dell'entroterra di Varazze-Albisola, mentre non è stato finora rinvenuto nei numerosi campioni raccolti nell'area costiera); anche la presenza della pentlandite è irregolare, mentre pare essere meglio rappresentata la millerite.

Passando ora alle ultramafiti di ambiente appenninico, esse sono distribuite in due distinti gruppi, l'uno di più ampia estensione, nella Liguria orientale, l'altro molto più ridotto, sito ad ovest di Genova, a contatto del margine orientale del « Gruppo di Voltri ».

Nel primo gruppo si possono individuare quattro distinti ammassi di rocce peridotitico-serpentinitiche, situati in zone che — con riferimento alla loro posizione topografica e secondo i criteri seguiti ad esempio da Galli nel suo studio petrografico sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure, avente per oggetto proprio queste rocce [32] — vengono indicate, a partire da oriente, come:



Fig. 6. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Rocchetta Vara. Gli individui bianchi sono di heazlewoodite; quello indicato con F è ferro-nichel nativo (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

- zona della Val di Vara, a nord di La Spezia [33, 34, 35];
- zona di Levante-Bonassola-Passo del Bracco [36, 37] (dove fra l'altro ricorre la breccia calcarea ad individui di rocce ofiolitiche ben nota come « rosso di Levante » [38, 39]);
- zona di Libiola-Reppia-Val Graveglia-Monte Alpe [37], nei dintorni di Sestri Levante;
- zona di Monte Ajona-Passi d'Esola e del Gifarco-Rovegno [40], lungo il confine fra Liguria ed Emilia, dall'alta Val del Taro sino all'alta Val Trebbia.

A queste quattro zone è da aggiungere quella già citata di modeste dimensioni, sita ad ovest di Genova, che rappresenta il lembo più occidentale della formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure e che può essere definita come:

- zona di Panigaro-Cassinelle-Monte Ramazzo, estesa come sottile fascia a nord di Sestri Ponente.

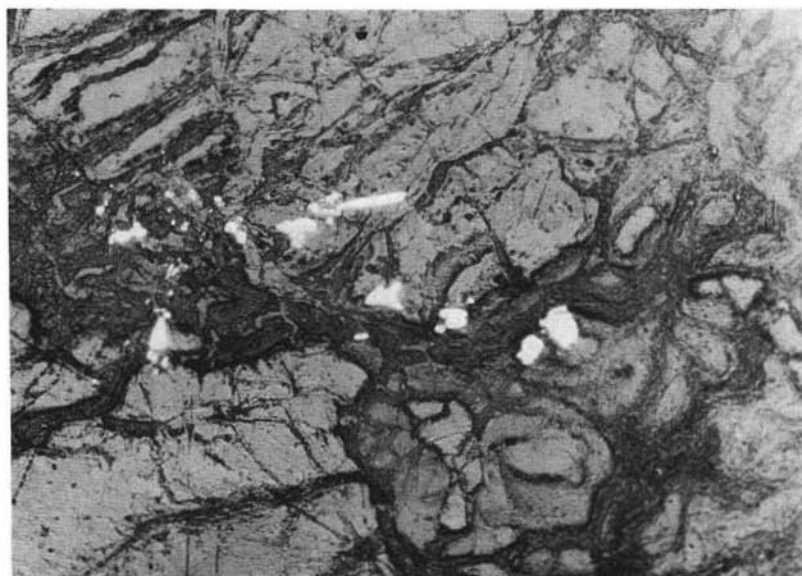


Fig. 7. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Deiva Marina. Gruppo di granuli e lamelle di ferro-nichel nativo (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

Finora le campionature sono state effettuate nella prima zona (Val di Vara), nella seconda (Levanto e dintorni) e nella quinta (ad ovest di Genova); scarsamente rappresentata è la terza zona (dintorni di Sestri Levante), mentre non ho ancora potuto prendere in considerazione la quarta (Monte Ajona e dintorni).

E' innanzitutto utile ricordare i valori del contenuto in nichel determinati da Galli [32] in alcune ultramafiti di queste cinque zone appenniniche; essi sono i seguenti:

nella zona della Val di Vara, su una peridotite lherzolitica di Veppo,

NiO = 0,08% ;

nella seconda zona, su due serpentiniti, l'una raccolta presso il bivio fra le strade per Deiva e Levanto, l'altra presso Carro, $\text{NiO} = 0,20\%$ e $0,18\%$ rispettivamente;

nella terza zona, su una serpentinite di Libiola, $\text{NiO} = 0,09\%$;

nella zona di confine fra Liguria ed Emilia, su una serpentinite di M.te Rocchetta, $\text{NiO} = 0,07\%$;

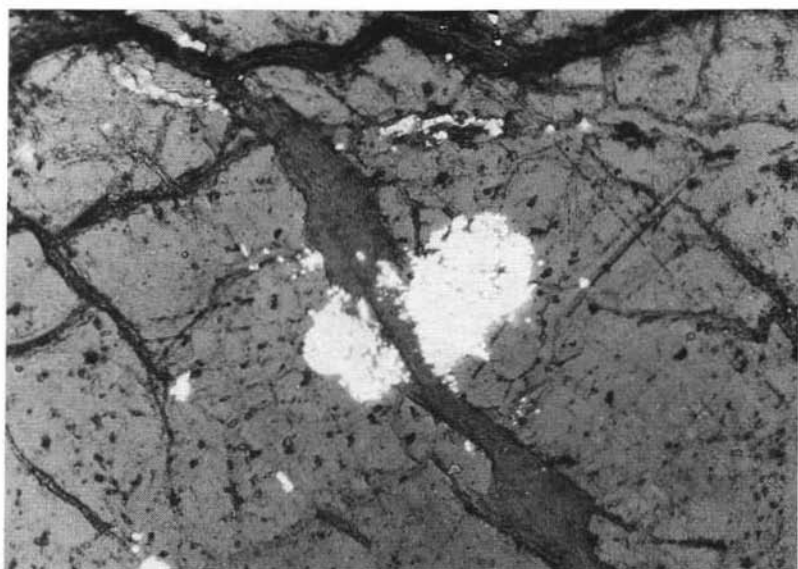


Fig. 8. — Microfotografia di sezione lucida di serpentinite dei dintorni di Deiva Marina. Plaga di ferro nichel nativo intersecata da venula di crisotilo (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

infine, nella zona ad ovest di Genova, su due serpentiniti, raccolte nei dintorni di M.te Spassuia e di Cassinelle, $\text{NiO} = 0,11\%$ e $0,17\%$ rispettivamente.

Ancora Galli e Bezzi [41], su una serpentinite di Bargonasco, nei dintorni di Sestri Levante (terza zona), hanno determinato $\text{NiO} = 0,23\%$, mentre Bezzi e Piccardo [42], su due serpentiniti di Carro, nei dintorni del Passo del Bracco (seconda zona) hanno trovato $\text{NiO} = 0,27\%$ e $0,22\%$.

Trattasi, come si vede, di tenori in gran parte rientranti in quell'ordine di grandezza che, per le ultramafiti, ho definito come « abituale ».

Quanto ai minerali metallici del nichel, non ho per ora riscontrato differenze sostanziali rispetto a quanto osservato nelle serpentiniti del « Gruppo di Voltri » e delle Alpi Occidentali: sono presenti,

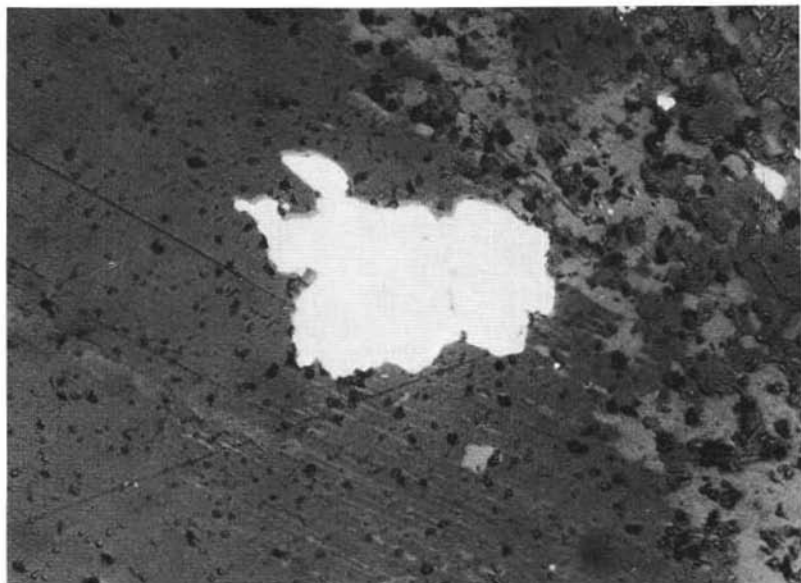


Fig. 9. — Microfotografia di sezione lucida di « Rosso di Levante ». Individuo di heazlewoodite (solo polarizzatore; ingr. lin. 240).

nei campioni delle diverse zone esaminate, ancora un ferro-nichel nativo ed i soliti solfuri, disseminati irregolarmente in minuti individui isolati o fra loro associati, le cui dimensioni raramente superano 0,3 mm.

Solo quando le campionature saranno più dettagliate ed estese a tutte le cinque zone prima segnalate si potranno riferire i risultati dello studio zona per zona e stabilire dei confronti fra esse; per ora posso, in via preliminare, far presente che nelle serpentiniti della prima zona (Val di Vara) prevalgono il ferro-nichel nativo (figg. 5, 6)

e la heazlewoodite (fig. 6); nella seconda zona (Levanto, Passo del Bracco) ho rilevato una forte prevalenza di ferro-nichel nativo nelle serpentiniti (figg. 7, 8), mentre nel « rosso di Levanto » il minerale senz'altro più frequente è la heazlewoodite (figg. 9, 10), con molto subordinati ferro-nichel e millerite; nei pochi campioni per ora rac-



Fig. 10. — Microfotografia di sezione lucida di «Rosso di Levanto». Come in fig. 9. L'individuo si risolve in placche pavimentose (nicols non perfettamente incrociati; ingr. lin. 240).

colti nella Val Graveglia (terza zona) ho accertata la presenza di un ferro-nichel nativo e di pentlandite, talvolta alterata in bravoite; infine nella quinta zona, quella ad ovest di Genova, il quadro dei metallici nicheliferi comprende tutti i minerali finora ricordati, ad eccezione, per ora, della millerite.

Considerazioni conclusive.

I risultati fin qui esposti e le considerazioni al riguardo hanno ovviamente significato di provvisorietà; voglio infatti sottolineare ancora il carattere preliminare di questo mio studio.

Scopo principale è stato quello di segnalare la presenza — nelle serpentiniti ofiolitiche della Liguria di ambiente sia alpino che appenninico — di minerali metallici del nichel analoghi — almeno per quanto riguarda la natura, la forma, le dimensioni — a quelli reperiti nelle serpentiniti dell'arco alpino occidentale e di stabilire così un primo confronto fra i diversi ambienti.

Prematura mi pare ogni interpretazione sulle diverse distribuzioni di questi minerali nicheliferi, per far luce sulle quali sarà innanzitutto opportuna una più precisa correlazione coi tipi litologici in cui essi ricorrono.

Basti pensare infatti che nel gruppo delle locali ultramafiti peridotitico-serpentinitiche è compresa tutta una vasta gamma di tipi, che vanno da lherzoliti feldspatiche e duniti fresche o poco serpentinite, a peridotiti e rocce collegate profondamente serpentinite, ma con evidenti caratteri originari tessiturali e strutturali, a serpentiniti tipiche, a serpentinoscisti, a termini con strutture tettoniche, cumulitiche e di layering, ecc. [21].

Un'esatta definizione delle relazioni fra tipi di minerali nicheliferi presenti e grado di serpentinite delle ultramafiti potrà costituire un nuovo utile elemento di giudizio per una migliore conoscenza di queste rocce e per una più chiara comprensione dei vari problemi ad esse collegati [21, 23, 43, 44, 45, 46, 47, 48].

Non va infine taciuto che — visti gli interessanti e significativi risultati finora ottenuti dagli studi sulle serpentinite dell'arco alpino occidentale e della Liguria — non sarà inopportuno, al fine di utili confronti, estendere le ricerche anche alle ultramafiti di altre regioni italiane, sia alpine che appenniniche [49, 50, 51, 52].

Torino, Istituto di Geologia e Giacimenti Minerari del Politecnico, settembre 1973.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] ZUCCHETTI S. (1970) - *Ferro-nichel nativo ed altri minerali nicheliferi in serpentinite anche asbestifere delle Alpi Occidentali*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 26, 377.
- [2] OCCELLA E., ZUCCHETTI S. e MARTINI E. (1966) - *Ricerche sulla possibilità di recupero del nichel dalla serpentina asbestifera di Balangero. Nota I: Identificazione di un minerale nichelifero*. Boll. Ass. Min. Subalp., 3, 347.

- [3] MARIOTTI E. (1943) - *Studio per un metodo di estrazione del nichelio dalle serpentine*. Lab. Ric. Cave S. Vittore, Torino.
- [4] ZUCCHETTI S. (1967) - *Presenza e distribuzione di un ferro-nichel nativo del tipo della josephinite nel giacimento asbestifero di Balangero*. Rend. Acc. Naz. Lincei, 43, 233.
- [5] ZUCCHETTI S. (1968) - *Nuove osservazioni sui minerali di nichel e cobalto nel giacimento asbestifero di Balangero (Torino)*. Boll. Ass. Min. Subalp., 5, 95.
- [6] ZUCCHETTI S. (1968) - *Mineralizzazioni nichelifere a ferro-nichel nativo e solfuri nel giacimento asbestifero di Sampeyre (Cuneo) ed in altre serpentiniti alpine*. Boll. Ass. Min. Subalp., 5, 106.
- [7] NICKEL E. H. (1959) - *The occurrence of native nickel-iron in the serpentine rock of the eastern townships of Quebec province*. Can. Mineral., 6(3), 307.
- [8] QUERVAIN DE F. (1945) - *Awaruit und Pentlandit im Serpentin von Selva bei Poschiavo*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 25, 305.
- [9] QUERVAIN DE F. (1963) - *Die Erzminerale des Serpentin von Selva-Quadrada (Puschlav)*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 43, 295.
- [10] AVIAS J. e CAILLIERE S. (1959) - *Sur la présence en Corse d'un fer nickélé du groupe de la joséphinite*. C. R. Ac. Sci., 248, 118.
- [11] PICOT P. (1959) - *Sur la présence de minerais métalliques nickélicifères dans les serpentes*. Bull. Soc. Franc. Min. Crist., 82, 329.
- [12] KRISHNARAO J. S. R., (1964) - *Native nickel-iron alloy, its mode of occurrence, distribution and origin*. Econ. Geol., 59, 443.
- [13] RAMDOHR P. (1950-52) - *Über Josephinit, Awaruit, Souesit, ihre Eigenschaften, Entstehung und Paragenesis*. Mineral. Mag., 29, 374.
- [14] FRANCHI S. (1906) - *La zona delle pietre verdi fra l'Ellero e la Bormida e la sua continuità fra il Gruppo di Voltri e le Alpi Cozie*. Boll. R. Com. Geol. It., 7(2), 89.
- [15] FRANCHI S. (1915) - *Sull'età delle pietre verdi del Gruppo di Voltri nell'Appennino genovese*. Boll. Soc. Geol. It., 34, 305.
- [16] CRETZAZ P. (1955) - *Geologische Untersuchungen an der Alpen-Apenningrenze in Ligurien (Italien)*. Inaug. Dissert. Geol. Inst. E. T. H. Univ. Zürich.
- [17] LOCHER T. (1957) - *Zur Geologie der Gruppe von Voltri (Ligurien - Italien)*. Inaug. Dissert. Geol. Inst. E. T. H. Univ. Zürich.
- [18] PASQUARÈ G. (1958) - *Contributo allo studio geologico del settore centro-settentrionale di Voltri*. Boll. Serv. Geol. d'It., 80, 125.
- [19] ELTER P. (1960) - *I lineamenti tettonici dell'Appennino a nord-ovest delle Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., 72(2), 273.
- [20] GALLI M. (1964) - *Le ofioliti dell'Appennino Ligure*. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, 74, 233.
- [21] BEZZI A. e PICCARDO G. B. (1971) - *Structural features of the ligurian ophiolites: petrologic evidence for the «oceanic» floor of the northern Apennines geosyncline; a contribution to the problem of the alpinotype gabbro-peridotite associations*. Mem. Soc. Geol. It., 10, 53.

- [22] GALLI M., BEZZI A., PICCARDO G. B., CORTESOGNO L. e PEDEMONTE G. M. (1972) - *Le ofioliti dell'Appennino Ligure: un frammento di crosta-mantello « oceanici » dell'antica tetide*. 66° Congr. Soc. Geol. It., Pisa-Sestri Levante, 1.
- [23] BEZZI A. e PICCARDO G. B. (1970) - *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche della Liguria. Riflessioni sulla genesi dei complessi ofiolitici in ambiente appenninico e alpino*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 26, 1.
- [24] TREVISAN L. (1956) - *Aspetti e problemi del complesso delle « Argille Scagliose ofiolitifere » nei suoi affioramenti occidentali (Toscana marittima e Liguria)*. Boll. Soc. Geol. It., 75(3), 23.
- [25] GALLI M. e 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. Soc. It. Mineral. Petrol., 26, 599.
- [26] GIUSEPPETTI G., TADINI C. e VENIALE F. (1963) - *Ulteriore ritrovamento della lizardite in prodotti di alterazione di rocce serpentinitiche (Impruneta-Firenze)*. Rend. Soc. Mineral. It., 19, 123.
- [27] CONTI S. (1941) - *Valli in serpentina della Liguria. 1ª contribuzione: le Valli del Lerone e dell'Arrestra*. Boll. Soc. Geol. It., 60, 1.
- [28] CONTI S. (1942) - *Valli in serpentina della Liguria. 2ª contribuzione: la Valle del Cerusa*. Boll. Soc. Geol. It., 61, 49.
- [29] CONTI S. (1942) - *Valli in serpentina della Liguria. 3ª contribuzione: la Valle del Teiro*. Boll. Soc. Geol. It., 61, 345.
- [30] CONTI S. (1944) - *Valli in serpentina della Liguria. 4ª contribuzione: l'alta Valle d'Oiba*. Boll. Soc. Geol. It., 63, 11.
- [31] PENCO A. M. (1963) - *Ricerche su serpentine banchiformi nel « Gruppo di Voltri »*. Per. Mineral., 32, 553.
- [32] GALLI M. (1963) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota V - Le rocce peridotitico-serpentinose*. Per. Mineral., 32, 575.
- [33] ELTER P. e SCHWAB K. (1957) - *Geologia della regione fra Vara e Magra (Appennino ligure-toscano)*. Boll. Soc. Geol. It., 76(2), 157.
- [34] ELTER P. e RAGGI G. (1965) - *Contributo alla conoscenza dell'Appennino Ligure: 1 - Osservazioni preliminari sulla posizione delle ofioliti nella zona di Zignago (La Spezia). 2 - Considerazioni sul problema degli olistostromi*. Boll. Soc. Geol. It., 84(3), 303.
- [35] BRAGA G., CASNEDI R., GALBIATI B. e MARCHETTI G. (1972) - *Carta geologica della Val di Vara (Appennino di La Spezia)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 23.
- [36] ABBATE E. (1969) - *Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria Orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 8, 923.
- [37] DECANDIA F. A. e ELTER P. (1972) - *La « zona » ofiolitifera del Bracco nel settore compreso fra Levante e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*. 66° Congr. Soc. Geol. It., Pisa-Sestri Levante, 37.
- [38] GALLI M. (1957) - *Il Rosso di Levante*. Rend. Soc. Mineral. It., 13, 265.

- [39] GALLI M. e TOGLIATTI V. (1965) - *Ricerche petrografiche sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Il Rosso di Levante. Nuovo contributo.* Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, 75, 359.
- [40] PASSERINI P. (1962) - *Giacitura delle ofioliti fra il M.te Aiona e Rovigno.* Boll. Soc. Geol. It. 81(3), 139.
- [41] GALLI M. e BEZZI A. (1969) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota XI - Le rodingiti di Bargonasco e di Bargone.* Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 25, 375.
- [42] BEZZI A. e PICCARDO G. B. (1969) - *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche dell'Appennino Ligure. Nota XII - Le rodingiti di Carro (La Spezia).* Boll. Soc. Geol. It., 88, 645.
- [43] HESS H. H. (1933) - *The problem of serpentization and the origin of certain chrysotile asbestos, talc and soapstone deposits.* Econ. Geol., 28, 634.
- [44] CONTI S. (1964) - *Rassegna casistica delle ofioliti italiane. I - Petrogenesi e classificazione delle serpentiniti.* Atti Ist. Geol. Univ. Genova, 2.
- [45] THAYER T. P. (1966) - *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process.* Amer. Mineral., 51, 685.
- [46] PAGE N. J. (1967) - *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process: a discussion.* Amer. Mineral., 52, 545.
- [47] THAYER T. P. (1967) - *Serpentinization considered as a constant-volume metasomatic process: a reply.* Amer. Mineral., 52, 549.
- [48] NICOLAS A. (1969) - *Serpentinisation d'une lherzolite: bilan chimique, implication tectonique.* Bull. Volc., 32.
- [49] GALLITELLI P. (1930) - *Ricerche microscopiche e chimiche sulle serpentine dell'Appennino Modenese.* Per. Mineral., 1, 173.
- [50] BERTOLANI M. (1944) - *Contributo alla conoscenza della formazione ofiolitica appenninica. Le serpentine dell'Appennino Parmense.* Atti Soc. Nat. Modena, 75, 1.
- [51] PELLIZZER R. (1955) - *Primi confronti tra alcune ofioliti alpine ed appenniniche.* Rend. Soc. Mineral. It., 11, 226.
- [52] PELLIZZER R. (1961) - *Le ofioliti nell'Appennino Emiliano.* Atti Acc. Sci. Ist. Bologna, 8.