

GIUSEPPE PICCARRETA \*

## SOVRAPRESSIONE TETTONICA E METAMORFISMO DI ALTO P/T NELLE UNITÀ AUSTROALPINE IN CALABRIA \*\*

**RIASSUNTO.** — Nelle falde austroalpine della catena alpina calabrese sono presenti effetti metamorfici realizzatisi in condizioni di elevato rapporto  $P/T$ . Questi effetti sono stati preceduti e seguiti da effetti in facies scisti verdi. Gli effetti di alto  $P/T$  sono presenti solo alla base delle falde e si sono realizzati in assenza di un carico idoneo a giustificare la formazione di minerali tipici di alte  $P$ .

È verosimile che sia stato determinante il ruolo svolto da sovrappressioni di origine tettonica. È molto probabile che le condizioni idonee allo sviluppo di sovrappressioni si siano realizzate nelle fasi embrionali della individuazione delle falde quando i movimenti relativi tra i vari corpi geologici (future falde) avvenivano sotto carico apprezzabile. In queste condizioni lo sviluppo di sovrappressioni è favorito anche perchè sono interessati (dalle compressioni) terreni già metamorfici, che sono a vario grado deidratati, hanno porosità ridotta e sono quindi più resistenti.

Viene prospettato un modello idoneo a giustificare l'evoluzione scisti verdi → scisti blu e la zoneografia metamorfica alla base delle falde.

**ABSTRACT.** — High  $P/T$  metamorphism occurs in the Calabrian Austroalpine nappes. This metamorphism overprints an older greenschist event and is overprinted by a younger greenschist one; all the effects are of Alpine age.

The high  $P/T$  effects occur only at the bottom of the thin nappes and the formation of blueschistic minerals took place prior to the piling of the nappes so that the depth of metamorphism need not have been quite great.

It is very likely that in our case tectonic overpressures have played an important role during the formation of the blueschistic minerals. Probably the high  $P/T$  effects are connected with embryonal and relatively deep-seated movements with a vertical component in the continental margin affected by highly compressional forces. Zones of strong overpressures can have been formed under these conditions, as the rocks involved — already metamorphic are more or less dehydrated with a low porosity, and, consequently, with a larger resistance against deformation.

A model is proposed in order to explain the evolution greenschist → blueschist and the metamorphic zoning at the bottom of Austroalpine nappes.

When the compressional forces start, then zones of strong overpressures are generated along which there are penetrative deformations and movements with a vertical component and — if the temperatures are high enough (taking into account the frictional heating, too) — normal dynamometamorphism takes place.

During the upward motion the geological bodies get colder and colder whereas overpressures keep high; at a certain stage high  $P/T$  conditions producing blueschistic minerals are reached.

The extreme  $P/T$  conditions would occur in the highest parts of the ascending bodies.

\* Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bari. \*\* Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R., contratto n. 70.283.05.

## Introduzione

Nella letteratura più recente (HACCARD et al., 1972; SCANDONE et al., 1974; ALVAREZ, 1976; AMODIO MORELLI et al., 1976) la catena alpina calabrese viene considerata come il prolungamento delle Alpi s.s.. Essa consta di più unità tettoniche derivate dalla deformazione della Tetide e probabilmente del margine continentale africano.

Le unità tettoniche appartenenti alla catena alpina sono affette da metamorfismo alpino di  $P$  relativamente alta (fino a 8-9 kb) durante il quale si sono formati Na-anfiboli (Gl fino a 85%), Na-piroseni (Jd fino a 80%), aragonite, lawsonite, pumpellyite, fengite.

In questa nota sono analizzati la distribuzione e i caratteri del metamorfismo di alta  $P$  nelle unità a crosta oceanica e in quelle a crosta continentale e vengono fatte alcune considerazioni sulle cause di tale metamorfismo nei due domini, con particolare riferimento alle unità austroalpine.

## Le unità della Tetide

La maggior parte degli autori che recentemente ha studiato le meta-ofoliti calabresi concorda sulla loro attribuzione a più unità strutturali (DIETRICH e SCANDONE, 1972; AMODIO MORELLI et al., 1976; LANZAFAME et al., in stampa).

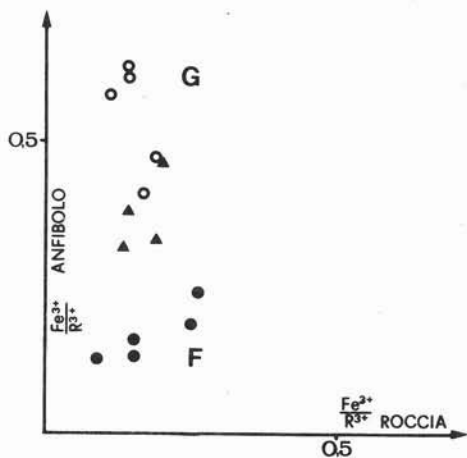


Fig. 1. — Composizione di anfiboli sodici di meta-ofoliti lungo un profilo Gimigliano (G) - Falerna (F) in Sila Piccola. Appare evidente che in rocce con simile rapporto  $Fe^{3+}/Fe^{2+} + Al + Ti$  si formano anfiboli differenti al variare delle condizioni metamorfiche, mostrando una zonografia metamorfica.

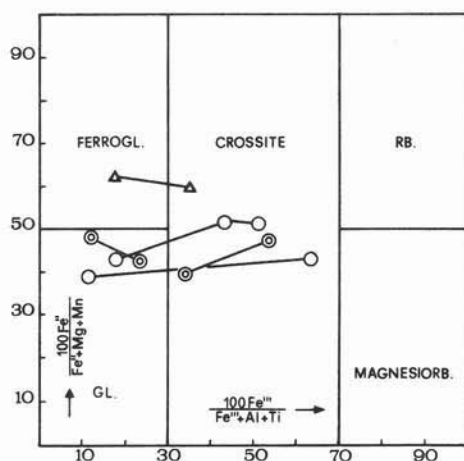


Fig. 2. — Composizione di anfiboli sodici zonati nelle meta-ofoliti di Terranova (triangoli) e Falerna (cerchi) e di anfiboli sodici presenti nelle metagrovacche (doppi cerchi) dell'unità austroalpina di Castagna (da DE ROEVER et al., 1974 e SPADEA et al., 1976).

Il metamorfismo di alta  $P$  nelle unità a crosta oceanica interessa a scala regionale ofoliti e coperture ed è stato caratterizzato da variazioni  $P-T$  nel tempo e nello spazio.

Le variazioni nello spazio sono documentate oltre che dalla distribuzione dei minerali critici, anche dalle variazioni di composizione di Na-anfiboli e Na-piroseni in rocce grossolanamente isochimiche (DE ROEVER, 1972; DE ROEVER et al., 1974, 1976; PICCARRETA e ZIRPOLI, 1975).

In fig. 1 sono riportate le composizioni medie di Na-anfiboli (approssimate diffrattometricamente secondo il metodo proposto da COLEMAN e PAPIKE, 1968) provenienti da metabasiti appartenenti alla stessa unità strutturale (unità di Gimigliano) lungo un profilo ESE-WNW da Gimigliano a Falerna (Calabria centrale). Risulta che a parità di  $Fe'''/R'''$  nelle rocce, si formano Na-anfiboli con differenti contenuti di molecola glaucofanica evidentemente sotto il controllo di condizioni fisiche diverse, in particolare di  $P$  (vedi DE ROEVER et al., 1974, 1976; WOOD, 1979).

Le variazioni nel tempo sono documentate da variazioni regolari di composizione dal nucleo alla periferia di Na-anfiboli (fig. 2) e Na-piroseni controllate con analisi alla microsonda (DE ROEVER et al., 1974; SPADEA et al., 1976).

Questo metamorfismo di alto  $P/T$  si è realizzato nelle fasi orogeniche precoci e generalmente presenta un overprint in facies scisti verdi che mostra la massima intensità negli affioramenti più meridionali (per es. DUBOIS, 1970; DE ROEVER, 1972; PICCARRETA e ZIRPOLI, 1975).

Questa successione di eventi appare anche dai differenti contenuti in celadonite delle miche chiare potassiche (per es. DIETRICH et al., 1976) nelle metapeliti delle coperture.

### Le unità del margine continentale africano

Comprendono rocce prealpine di grado metamorfico variabile rappresentative di settori di crosta superiore, intermedia e profonda sovrapposti in ordine inverso per modo che le rocce metamorfiche di grado più elevato costituiscono la parte più alta della catena. Sono dal basso in alto: l'unità di Bagni, l'unità di Castagna e l'unità di Polia-Copanello. I contatti tettonici tra le diverse unità si sono realizzati sotto  $P$  piuttosto elevate (vedi ad es. AMODIO MORELLI et al., 1976).

In ciascuna unità e su estensione variabile a seconda delle unità, sono presenti effetti alpini di  $P$  relativamente alta (PICCARRETA, 1973; COLONNA e PICCARRETA, 1975; BONARDI et al., 1974; DE ROEVER, 1972; LANZAFAME e ZUFFA, 1975; DIETRICH, 1976; COLONNA e SIMONE, in stampa; ZUPPETTA, com. orale). Questi effetti sono localizzati alla base delle falde almeno per quanto riguarda le unità di Bagni e di Castagna (COLONNA e PICCARRETA, 1975; COLONNA e SIMONE, in stampa).

Gli effetti di alto  $P/T$  sono successivi a una fase dinamometamorfica in facies scisti verdi caratterizzata da intense deformazioni penetrative (vedi per es. DE ROEVER, 1972; AMODIO MORELLI et al., 1976) e sono stati seguiti da deboli effetti in facies scisti verdi.

Nell'unità più alta (Polia-Copanello) si osservano variazioni  $P-T$  nello spazio. Infatti l'overprint di alto  $P/T$  è caratterizzato: negli affioramenti più settentrionali da lawsonite, pumpellyite, aragonite, crossite (SPADEA, 1979); negli affio-

ramenti centrali da associazioni pumpellyite + actinolite esprimenti condizioni di transizione tra le facies degli scisti verdi e la facies degli scisti blu (DE ROEVER, 1972; LANZAFAME e ZUFFA, 1975; DIETRICH, 1976); negli affioramenti meridionali sono presenti solo effetti in facies scisti verdi (PAGLIONICO e PICCARRETA, 1976).

Alla base dell'unità di Castagna l'overprint di alto  $P/T$  è caratterizzato da aumenti del rapporto nel tempo. Infatti gli anfiboli sodici sono zonati con nuclei crossitici e periferie glaucofaniche (determinazioni ottiche, diffrattometriche e chimiche). Alla base dell'unità più profonda (unità di Bagni) sono state osservate lawsonite, pumpellyite e Mg-riebeckite (BONARDI et al., 1974; COLONNA e SIMONE, in stampa; ZUPPETTA, com. orale).

Sulla base della composizione degli anfiboli sodici si deduce che alla base dell'unità più profonda furono raggiunti valori di  $P$  inferiori a quelli raggiunti nella sovrastante unità di Castagna e negli affioramenti più settentrionali dell'unità Polia-Copanello.

La presenza di effetti metamorfici di alto  $P/T$  solo alla base delle falde e la mancanza di tali effetti al tetto del substrato tettonico, indicano che quegli effetti sono precedenti all'appilamento delle falde (COLONNA e PICCARRETA, 1975; AMODIO MORELLI et al., 1976).

### Cause del metamorfismo di alto $P/T$

Nelle unità della Tetide i caratteri del metamorfismo eoalpino, con particolare riferimento alla diffusione regionale, all'evoluzione scisti blu → scisti verdi, alla presenza di gradienti metamorfici nell'ambito delle unità stesse permettono un buon parallelismo con il metamorfismo in zone di subduzione (vedi per es. ERNST, 1971, 1977; DAL PIAZ, 1974).

Nelle unità austroalpine il metamorfismo di alto  $P/T$  non si inquadra fra i tipi di metamorfismo di zone di subduzione soprattutto per la distribuzione localizzata degli effetti metamorfici e anche per il tipo di evoluzione (scisti verdi → scisti blu → scisti verdi). Poichè questi effetti sono precedenti alla fase di appilamento delle falde e poichè il carico delle singole falde è di gran lunga inferiore a quello richiesto per la formazione di minerali come lawsonite e Na-anfiboli ricchi di Gl [almeno 15-20 km secondo i dati sperimentali di MARESCH (in ERNST, 1977) e le indicazioni di DE ROEVER et al. (1976) e di WOOD (1979)], è inevitabile pensare che debba essere stato determinante il contributo di sovrappressioni tettoniche *concentrate* in particolari zone.

È fortemente probabile che gli effetti di alto  $P/T$  si siano realizzati nelle fasi embrionali della individuazione delle falde, quando i movimenti avvenivano sotto carico apprezzabile, prima del loro « riversamento » verso l'esterno della catena.

In tali condizioni (di radice) infatti, sotto l'influenza di un campo di sollecitazioni continue, possono realizzarsi sovrappressioni tettoniche in zone particolari se la rigidità delle rocce è sufficientemente elevata (vedi per es. DE ROEVER, 1967; COLEMAN, 1972).

La resistenza delle rocce aumenta con la profondità (DE SITTER, 1964), con la diminuzione delle temperature (vedi per es. in DE ROEVER, 1967) e della « pore pressure » (COLEMAN, 1972).

Nelle condizioni suddette (di radice) le sovrappressioni sono possibili sia perchè i movimenti avvengono sotto carico sia perchè nel nostro caso vengono interessate dalla compressione rocce *già metamorfiche* che sono a vario grado deidratate, con porosità ridotta e quindi più resistenti alle deformazioni. Inoltre nella fase dinamometamorfica in facies degli scisti verdi precoce (vedi pag. 201) e in quella di alto P/T si sono formati minerali ossidrilati che hanno sottratto soluzioni acquose al sistema lasciando elevata la resistenza delle rocce (COLEMAN, 1972).

### **Evoluzione scisti verdi → scisti blu → scisti verdi nelle falde austroalpine: interpretazione**

È stato detto prima che l'evento di alto rapporto P/T nelle unità a crosta continentale è stato preceduto e seguito da eventi in facies scisti verdi. Per spiegare questa particolarità viene prospettato il seguente modello.

Prima delle fasi compressive nel margine continentale i vari settori di crosta (superiore, intermedia e profonda) sono caratterizzati da P litostatiche e da T che competono alla loro posizione nella crosta in quel tempo.

Quando inizia la compressione (nel nostro caso legata alla chiusura della Tetide) si individuano le zone con concentrazione di sovrappressione tettonica, iniziano le deformazioni fortemente penetrative, i movimenti relativi con componenti verticali e sono innescati processi dinamometamorfici che, se le T iniziali sono sufficientemente alte (tenendo conto anche del calore di frizione), hanno caratteri di un metamorfismo normale (come nel nostro caso).

Proseguendo lentamente e in più stadi (PAGLIONICO e PICCARRETA, 1976) il processo di risalita, il corpo geologico progressivamente si raffredda mentre le sovrappressioni tettoniche lungo la zona di movimento rimangono concentrate essendo, *in condizioni relativamente profonde*, la dissipazione dello stress bassa perchè in gran parte viene « impegnato » nelle deformazioni fortemente penetrative (nel nostro caso si tratta generalmente di una scistosità di piano assiale).

Ad un certo stadio dello sviluppo di questo processo si realizzano condizioni di alto rapporto P/T e il dinamometamorfismo cambia carattere barico.

Se ciò è vero, la parte più elevata del corpo geologico in risalita risente maggiormente della diminuzione di T e dovrebbe essere caratterizzato da valori più elevati del rapporto P/T. Infatti nell'Unità Polia-Copanello si osserva un overprint di più alto P/T negli affioramenti attualmente più settentrionali, un overprint di transizione scisti blu → scisti verdi negli affioramenti centrali e solo effetti in facies scisti verdi negli affioramenti meridionali.

Gli effetti tardivi in facies degli scisti verdi sono almeno in parte posteriori all'appilamento delle falde poichè i contatti tettonici sono interessati da una fase plicativa che è stata accompagnata da debole metamorfismo (DIETRICH, 1976; AMODIO MORELLI et al., 1976).

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ W. (1976) - *A former continuation of the Alps*. Geol. Soc. Am. Bull., 87, 891-896.
- AMODIO MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN LORENZONI E., ZUPPETTA A. (1976) - *L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghebide*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 1-60.
- BONARDI G., PERRONE V., ZUPPETTA A. (1974) - *I rapporti tra « metabasalti », « filladi » e « scisti micacei » nell'area tra Paola e Rose (Calabria)*. Boll. Soc. Geol. It., 93, 245-276.
- COLEMAN R. G. (1972) - *Blueschist metamorphism and plate tectonics*. Proc. Int. Geol. Congr. Montreal, 2, 19-26.
- COLEMAN R. G., PAPIKE J. J. (1968) - *Alkali amphiboles from the blueschists of Cazadero, California*. J. Petrol., 9, 105-122.
- COLONNA V., PICCARRETA G. (1975) - *Metamorfismo di alta pressione/bassa temperatura nei micascisti di Zangarona-Ievoli-Monte Dondolo (Sila Piccola, Calabria)*. Boll. Soc. Geo. It., 94, 17-25.
- COLONNA V., SIMONE A. (1978) - *Gli scisti del F.me Savuto: un contributo alla conoscenza dell'unità del F.me Bagni nella Calabria Centrale*. Mem. Soc. Geol. It., in stampa.
- DAL PIAZ G. V. (1974) - *Le métamorphisme de haute pression et basse température dans l'évolution structurale du bassin ophiolitique alpino-apenninique (2<sup>e</sup> partie)*. Bull. Suisse Min. Petr., 54, 399-424.
- DE ROEVER E.W.F. (1972) - *Lawsonite-albite facies metamorphism near Fuscaldo, Calabria (Southern Italy), its geological significance and petrological aspects*. These, GUA, Amsterdam, 1-171.
- DE ROEVER E.W.F., PICCARRETA G., BEUNK F. F., KIEFT C. (1974) - *Blue amphiboles from north-western and central Calabria (Italy)*. Periodico Min., Roma, 43, 5-37.
- DE ROEVER E.W.F., BEUNK F. F., KIEFT C. (1976) - *Blue amphibole-albite-chlorite assemblages from Fuscaldo (S. Italy) and the role of glaucophane in metamorphism*. Contrib. Mineral. Petrol., 58, 221-234.
- DE ROEVER W. P. (1967) - *Overdruk van tektonische oorsprong of diepe metamorfose?* Koninkl. Nederl. Akad. Wetensch., versl. Gew. Vergad. Afd. Natuurk., 76, 69-74.
- DIETRICH D. (1976) - *La geologia della Catena Costiera fra Cetraro e Guardia Piemontese*. Mem. Soc. Geol. It., 16, 1-61.
- DIETRICH D., SCANDONE P. (1972) - *The position of the basic and ultrabasic rocks in the tectonic units of the Southern Apennines*. Att. Acc. Pontaniana, 21, 1-15.
- DIETRICH D., LORENZONI S., SCANDONE P., ZANETTIN LORENZONI E., DI PIERRO M. (1977) - *Contribution to the knowledge of the tectonic units of Calabria. Relationships between composition of K-white micas and metamorphic evolution*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 193-217.
- DUBOIS R. (1970) - *Pbases de serrage, nappes de socle et métamorphisme alpin à la jonction Calabre-Apennin: la suture calabro apenninique*. Rev. Géogr. Phys. Geol. Dyn., 12, 221-254.
- ERNST W. G. (1971) - *Metamorphic zonations on presumably subducted lithospheric plates from Japan, California and the Alps*. Contrib. Mineral. Petrol., 34, 43-59.
- ERNST W. G. (1973) - *Blueschist metamorphism and P-T regimes in active subduction zones*. Tectonophysics, 17, 255-272.
- ERNST W. G. (1977) - *Tectonics and prograde versus retrograde P-T trajectories of high-pressure metamorphic belts*. Rendiconti SIMPAL, 33, 191-220.
- HACCARD D., LORENZ C., GRANDJACQUET C. (1972) - *Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Apennines (de la Ligurie à la Calabre)*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 309-341.
- LANZAFAME G., ZUFFA G. G. (1976) - *Geologia e Petrografia del Foglio Bisignano (Valle del Crati, Calabria): con carta geologica 1:50.000*. Geol. Romana.
- LANZAFAME G., SPADEA P., TORTORICI L. (1979) - *Mesozoic ophiolites of Northern Calabria and the Lucanian Apennine (Southern Italy)*. Ofioliti, in stampa.
- PAGLIONICO A., PICCARRETA G. (1978) - *History and petrology of a fragment of the deep crust in the Serre (Calabria, southern Italy)*. N. Jb. Miner. Mh., H9, 385-396.

- PICCARRETA G. (1973) - *Rapporti tra le metamorfiti affioranti nella zona compresa fra Castiglione, Nicastro, Conflenti e la Bassa Valle del Fiume Savuto (Calabria)*. Boll. Soc. Geol. It., 92, 423-433.
- PICCARRETA G., ZIRPOLI G. (1975) - *The meta-ophiolites outcropping south of the low Savuto Valley within the context of Alpine metamorphism in Central and Northern Calabria (Southern Italy)*. N. Jb. Miner. Mh., H4, 145-162.
- SCANDONE P., GIUNTA G., LIGUORI V. (1974) - *The connection between the Apulia and Sabara continental margins in the Southern Apennines and Sicily*. 24° Congrès-Assemblée Plenaire C.I.E.S.M. Com. Géol. Géoph. Marines, Montecarlo, 4-6 dic.
- SPADEA P. (1979) - *Contributo alla conoscenza dei metabasalti ofiolitici della Calabria settentrionale e centrale e dell'Appennino Lucano*. Rendiconti SIMPAL, 35 (1), 151-276.
- SPADEA P., TORTORICI L., LANZAFAME G. (1976) - *Serie ofiolitifere nell'area fra Tarsia e Spezzano Albanese (Calabria): stratigrafia, petrografia, rapporti strutturali*. Mem. Soc. Geol. It., 17, 135-174.
- WOOD R.M. (1979) - *A re-evaluation of the blueschist facies. Part I. The pressure-temperature hysteresis cycle*. Geol. Mag., 116, 21-33.