

PIERO ATZORI

CARATTERI PETROGRAFICI E PETROCHIMICI
DI UN METADIABASE DEI PELORITANI OCCIDENTALI (*).

RIASSUNTO. — Viene presentato lo studio chimico-petrografico di un metadiabase anfibolico a giacitura filoniana concordante nella parte basale di un complesso di rocce blandamente metamorfiche dei Monti Peloritani (Sicilia). Tale complesso, appartenente alla Falda di Longi (OGNIBEN, 1960), è costituito da semiscisti pelitici passanti verso l'alto ad arcosi semimetamorfiche e porfiroidi. Le rocce suddette mostrano di essere state interessate da un singolo ciclo metamorfico e sono ricoperte da sedimenti giurassico-eocenici non metamorfosati, ciò che consente di riferire con probabilità all'orogenesi ercinica il metamorfismo stesso.

ABSTRACT. — An amphibole metadiabasic rock of Peloritani Mountains (Sicily) has been studied petrographically and chemically. It outcrops as a concordant dyke in the lower part of a weakly metamorphosed complex (Longi Nappe - OGNIBEN, 1960) made up by pelitic semischists grading into semimetamorphic arkoses and porphyroids. This complex looks to have been subjected to a single metamorphic cycle. Owing to the presence of overlying unmetamorphosed jurassic to eocenic sediments, the metamorphic process should have take place probably in the hercynian orogenesis.

Inquadramento geologico e studi precedenti.

La roccia metadiabasica, oggetto della presente comunicazione, è stata raccolta in località Monte Purritto (F° 261 della Carta d'Italia, I NE, Tav. Floresta) alle estreme propaggini occidentali della catena peloritana.

Il Monte Purritto è un modesto rilievo (1408 m) geologicamente costituito da scisti semimetamorfici varicolori appartenenti al Complesso Calabride (OGNIBEN, 1960), che nella zona ricoprono tettonicamente il Flysch di Monte Soro (alternanza argilloso-arenacea con radi

(*) Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R.

livelli calcarei, di età supratitonico-cretacea, rappresentante la parte bassa della Falda di Cesarò del Complesso Sicilide - OGNIBEN, 1960).

L'affioramento di rocce verdi al Monte Purritto è già stato in precedenza segnalato da CAMPISI (1958) il quale, su basi geologiche, ne sostiene il carattere verosimilmente filoniano, e da BALDANZA (1958) che così lo descrive: «...filone di una roccia avente colore verde-scuro, potente circa m 6... subverticale...; ... presenta direzione Est-Ovest»; e più oltre: «la roccia... possiede struttura intersertale ofitica... caratterizzata dalla associazione di un plagioclasio... con un pirosseno di tipo augitico, entrambi in stato di avanzata alterazione».

Recentemente TRUILLET (1968) ha segnalato rocce di tipo andesitico al Monte Purritto stesso e nella zona di Taormina (a ENE di Castemola, a NW di Mongiuffi, a N di Melia); quest'ultimo affioramento era già stato scoperto da MOTTA (1957). Da osservazioni dello scrivente sugli stessi affioramenti risulta trattarsi costantemente di intercalazioni sub-vulcaniche di natura diabasica nei semiscisti policromi del Complesso Calabride; tali semiscisti nel Taorminese vengono sormontati in trasgressione dalla successione mesozoico-paleogenica della Falda di Longi (OGNIBEN, 1960).

In posizione stratigrafica simile, ma probabilmente entro una unità tettonica diversa (Falda di Galati - OGNIBEN, 1960), si rinvennero nei Peloritani altri affioramenti di rocce vulcaniche e sub-vulcaniche basiche.

Lo studio chimico-petrografico relativo al metadiabase anfibolico di Monte Purritto rappresenta un primo contributo alla conoscenza delle rocce suddette.

Caratteri petrografici.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

All'osservazione macroscopica la roccia appare porfirica, potendosi distinguere porzioni maggiori bianco-giallastre e verde-nerastre in una massa di fondo uniformemente verde. Tuttavia l'esame microscopico rivela una struttura da ofitica ad intersertale ofitica con solo locale carattere porfirico; alla paragenesi primaria data da *plagioclasio*, probabile *pirosseno*, *ossidi di ferro* ed *anfibolo* tardivo si è sovrapposta una diffusa associazione secondaria di *clorite*, *epidoto*, *albite* e *calcite*.

Benchè la compagine mineralogica primaria sia intensamente trasformata, è tuttavia ancora riconoscibile la precedenza di cristallizzazione del plagioclasio nei riguardi dei componenti femici; di questi ultimi mancano relitti che permettano di individuarne la esatta natura, ma alcune plaghe a contorni regolari costituite da pistacite e

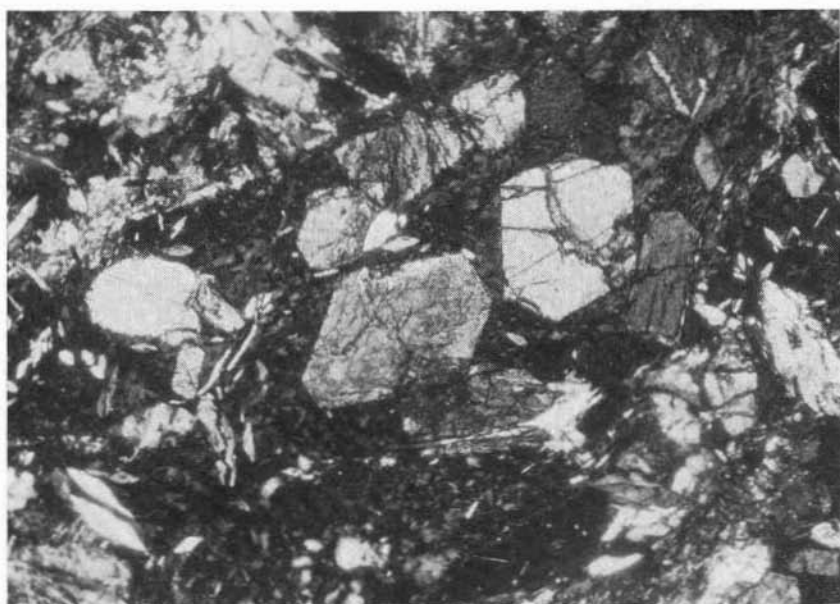


Fig. 1. — Grossa plaga secondaria di clorite (sheridanite-clinoclora) e pistacite. *Metadiabase anfibolico* (Monte Purritto). Nicol +; 130 X.

clorite fanno supporre l'esistenza di un pirosseno primario. I cristalli anfibolici sono invece molto meglio conservati e, per l'azione corrosiva da essi esercitata sugli individui plagioclasici, manifestano un carattere tardivo legato forse ad un generale processo autometamorfico. Le terminazioni dei cristalli anfibolici sono caratteristicamente sfrangiate in aciculi più o meno deformati in continuità ottica; ciò indica che la cristallizzazione dell'anfibolo si è protratta ampiamente nell'ambito del suddetto fenomeno autometamorfico.

I residui strutturali ofitici sfumano in plaghe albitiche o albitico-cloritiche o infine albitico-cloritico-pistacitiche, nelle quali si realizza la trasformazione strutturale e composizionale dell'aggregato minera-

logico primario. Il processo cristalloblastico di albitizzazione ed epidotizzazione del plagioclasio è perfettamente identificabile, avendosi nella stessa roccia sia residui strutturali ofitici debolmente intaccati (cristalli plagioclasici geminati con bordi irregolari di accrescimento albitico), che plaghe informi od ovoidali in cui il processo di albitizzazione è completo. Mentre per il plagioclasio si tratta di un feno-



Fig. 2. — Cristalli deformati di orneblenda attinolitica, sfrangiati e parzialmente cloritizzati, attraversanti gli individui idiomorfi di plagioclasio.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

Nicol +; 53 ×.

meno di sostituzione centripeta che porta, come risultato finale, alla comparsa di aggregati irregolari di albite in cui spicca una microgranulazione epidotica, nel caso dell'anfibolo si può osservare invece una trasformazione più o meno avanzata in clorite e subordinata calcite a chiazze informi che sembrano espandersi lungo i piani di sfaldatura e le fratture dell'ospite anfibolico. Infine, come si è detto, le plaghe cloritico-pistacetiche sembrano legate a trasformazione di cristalli primari pirossenici non meglio definibili. Il processo di modificazione strutturale e composizionale della roccia diabasica originaria

è verosimilmente riconducibile ad un generale autometamorfismo; intense deformazioni post-cristalline, con cataclasi e sfrangiamenti diffusi, caratterizzano la compagine mineralogica.

Il *plagioclasio* relitto (33% An; $2V_a = 88^\circ$) mostra caratteri ottici di bassa temperatura; il suo principale prodotto di trasformazione è una *albite* pura ($2V_\gamma = 78^\circ$).



Fig. 3. — Residuo strutturale ofitico parzialmente intaccato, caratterizzato dalla associazione di individui plagioclasici quasi completamente albitizzati.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

Nicol +; 130 ×.

L'anfibolo è dato da una *orneblenda attinolitica* discretamente pleocroica (α = incolore; β = verde chiaro; γ = verde-azzurro chiaro; $\gamma \geq \beta > \alpha$; $c/\gamma = 19^\circ$; $2V_a = 77^\circ-78^\circ$). L'anfibolo è stato esaminato pure roentgenograficamente e le sue costanti cristallografiche risultano le seguenti:

$$a_0 \text{ sen } \beta = 9.496 \text{ \AA};$$

$$c_0 \text{ sen } \beta = 5.076 \text{ \AA}$$

$$b_0 = 18.00 \text{ \AA};$$

$$\beta = 103.43^\circ$$

Applicando i diagrammi forniti da RAYCHAUDHURI (1964) ed ERNST (1968), e tenendo conto dei limiti del metodo indicati da COLVILLE, ERNST e GILBERT (1966), dai suddetti parametri è stato possibile risalire approssimativamente alla composizione chimica dell'anfibolo in questione, che è risultata la seguente:

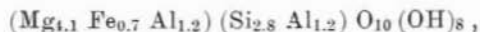


Fig. 4. — Esempio di struttura ofitica: vistosi individui idiomorfi di plagioclasio oligoclasico-andesinico, cristalli aciculari di orneblenda attinolitica chiaramente tardiva e plaghe di ilmenite con bordo di reazione costituito da titanite.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

Nicol +; 53 ×.

La *clorite*, discretamente abbondante, è rappresentata da aggregati di lamelle reciprocamente addentellate con i seguenti caratteri ottici: $\alpha \approx \beta =$ verde erba; $\gamma =$ incolore-giallognolo; $\alpha \approx \beta \geq \gamma$; segno ottico positivo; colori di interferenza bruno-rame. Da indagini diffrattometriche è risultata la seguente composizione:



deducibile dai valori cristallografici $d_{001} = 14.16 \text{ \AA}$ e $b_0 = 9.235 \text{ \AA}$, e

corrispondente ad una miscela *sheridanitico-clinocloriga* secondo HEY (1954).

L'*epidoto*, talora in microgranulazioni, talora invece in vistosi individui immersi in un fondo cloritico od albitico, è rappresentato da una miscela povera di ferro, incolora, ($2V_\gamma = 75^\circ$), legata alla trasformazione del plagioclasio primario, e soprattutto da individui molto



Fig. 5. — Cristalli anfibolici di dimensioni considerevoli cloritizzati in corrispondenza della parte nucleare o lungo i piani di sfaldatura o infine a chiazze irregolari. *Metadiabase anfibolico* (Monte Purritto). Nicol +; 53 \times .

colorati di tipo *pistacitico*, dovuti alla trasformazione di un probabile pirosseno. Le proprietà ottiche della pistacite sono le seguenti:

- α = incolore-giallognolo; β = giallo-verde intenso; γ = giallo-verde chiaro;
- pleocroismo molto intenso con il seguente schema: $\alpha < \gamma \leq \beta$;
- $2V_\alpha$ prossimo a 90° ; P.A.O. \perp γ ;
- $x/\gamma = 29^\circ$; $c/\alpha \approx 1^\circ$.

La *calcite* si rinviene in piccole plaghe che bordano sporadicamente i cristalli pistacitici o in chiazze allungate lungo i piani di sfaldatura degli individui anfibolici.

Gli ossidi di ferro sono essenzialmente rappresentati da *ematite* a carattere interstiziale; in quantità subordinata compare l'*ilmenite* con la caratteristica alterazione leucoxenica e a volte con un bordo sottile di *titanite*. Il *rutilo*, molto scarso, si rinviene in sottili aghetti sparsi nelle plaghe cloritiche o cloritico-calcitiche.



Fig. 6. — Al centro della microfotografia si riconosce un individuo idiomorfo di plagioclasio quasi del tutto albitizzato, compreso fra una vistosa plaga epidotica secondaria (a destra) ed un aggregato di cristalli anfibolici ad estremità molto sfrangiate che spiccano su un fondo albitico-cloritico.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

Nicol +; 130 X.

Chimismo e considerazioni petrochimiche.

Nella Tab. I vengono riportate le percentuali ponderali degli ossidi, determinati applicando la metodologia suggerita da WEIBEL (1961 a; 1961 b), salvo che per gli alcali analizzati secondo SHAPIRO e

TABELLA I.

% in peso		Base		Variante epizonale		Parametri petrochimici				
SiO ₂	48.08	Q	25.7	Or	0.5	} 42.3	si	107.9	π	0.40
TiO ₂	2.23	Kp	0.4	Ab	28.5		al	15.8		γ
P ₂ O ₅	0.25	Ne	17.1	An	13.3	} 16.4	fm	58.2	μ	0.58
Al ₂ O ₃	11.95	Cal	11.4	Gram	8.2		e	19.3		α
Fe ₂ O ₃	3.81	Cs	6.3	Fe-Akt	8.2	} 27.7	alk	6.7	Q	25.8
FeO	6.25	Fs	4.1	Ant	23.5		k	0.02		L
MnO	0.26	Fo	25.2	Fe-Ant	4.2	} 27.7	mg	0.68	M	45.4
MgO	11.76	Fa	7.8	Pi	9.1		ti	3.8		A
CaO	7.99	Ru	1.6	Ce	0.0	} 27.7	p	0.1	C	23.0
Na ₂ O	3.07	Cp	0.4	Hm	1.6		c/fm	0.33		F
K ₂ O	0.12			Ru	1.6	} 27.7	w	0.35	F	62.9
H ₂ O ⁻	—			Cp	0.4		qz	-18.9		
H ₂ O ⁺	4.24									
	100.01		100.0		100.0					

BRANNOCK (1962). Vi si trovano inoltre riportati i coefficienti basali e la variante epizonale (BURRI, 1959), nonché i parametri magmatici di NIGGLI ricavati dalle analisi ed i coefficienti Q, L e M; infine i parametri A, C ed F calcolati secondo WINKLER (1967).

TABELLA II.

Tipi magmatici NIGGLI di confronto.

	si	al	fm	e	alk	k	mg
Magma orneblenditico (orneblenditico)	80	15	60	20	5	—	0.6
Magma gabbrodioritico (melagabbrodioritico)	130	19	51	21	9	0.25	0.5
Magma gabbroide (gabbroide)	108	21	51	22	6	0.2	0.5

Nella Tab. II sono stati riuniti alcuni tipi magmatici NIGGLI che più si avvicinano alla roccia metadiabasica di Monte Purritto. Questa, applicando la classificazione petrochimica di NIGGLI (1936), si può inquadrare fra i magmi orneblenditici, oppure gabbrodioritici e gabbroidi di serie alcalialeica.

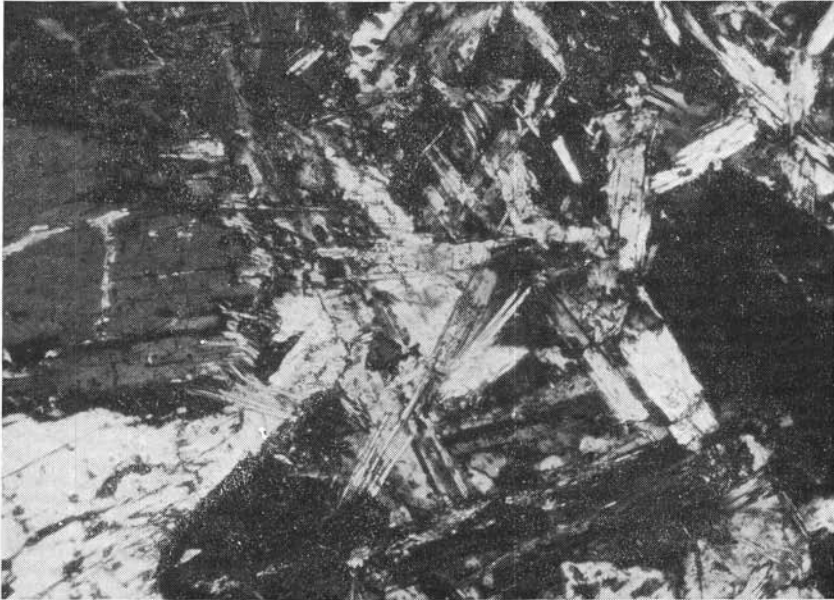


Fig. 7. — Cristalli di plagioclasio deformati ed in parte trasformati in albite + epidoto costituiscono residui strutturali ofitici in cui spiccano vistosi cristalli, talora acicuiari, talora invece ad estremità sfrangiate, di orneblenda attinolitica. Si noti la precedenza di cristallizzazione del plagioclasio nei confronti dell'anfibolo. *Metadiabase anfibolico* (Monte Purritto). Nicol +; 130 ×.

In fig. 9 la roccia metadiabasica studiata appare proiettata nel diagramma (al-alk)/c di NIGGLI, localizzandosi nel campo V (al ed alk relativamente bassi, fm elevato) che caratterizza le rocce femiche silicatiche.

Il punto rappresentativo della roccia basica di Monte Purritto è stato riportato nei diagrammi Q-L-M (fig. 10) e π/k (fig. 11), in cui sono state inserite le aree di massimo addensamento delle « ofioliti » delle Alpi, degli Appennini, dei Pirenei e delle Dinaridi (BURRI e NIGGLI,

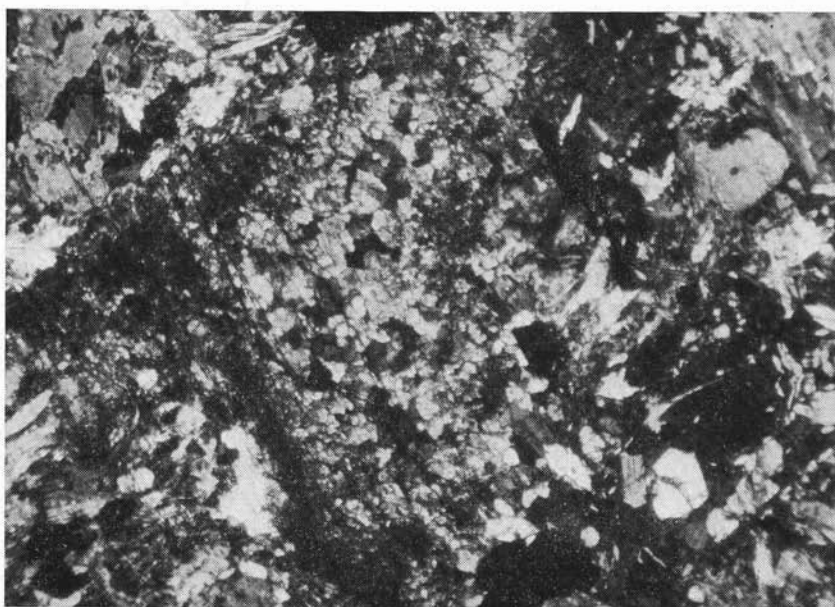


Fig. 8. — Plaga monomineralica costituita da una microgranulazione pistacitica. In basso a destra si riconosce la plaga cloritico-pistacitica della fig. 1; in basso a sinistra si possono notare abbondanti prodotti albitico-calcitico-epidotico-cloritici di genesi secondaria.

Metadiabase anfibolico (Monte Purritto).

Nicol +; 53 ×.

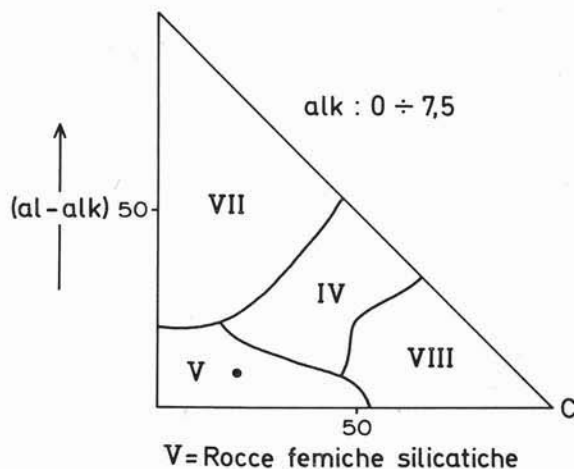


Fig. 9. — Diagramma (al-alk)/c sec. NIGGLI.

1945); in tali diagrammi appaiono inoltre riportati i punti rappresentativi delle analisi di ofioliti della Riviera ligure di Levante (GALLI, 1956), dell'Appennino emiliano (PELLIZZER, 1961) e della Lucania (LO GIUDICE, 1968; SPADEA, 1968).

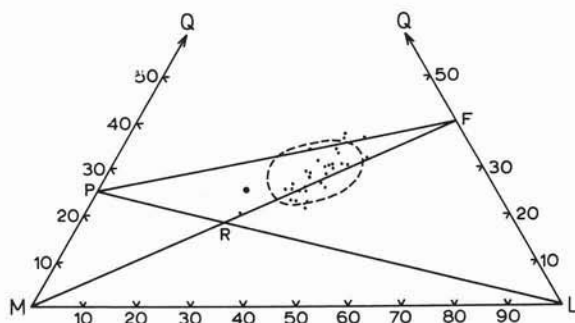


Fig. 10. — Diagramma Q-L-M (v. testo).

Dal diagramma Q-L-M (fig. 10) appare evidente come la roccia studiata, pur cadendo al di sotto della linea di saturazione P-F ed a destra della linea Q-R, non rientri, per caratteri chimici, fra i tipi più comuni di ofioliti delle regioni suddette, discostandosene per il va-

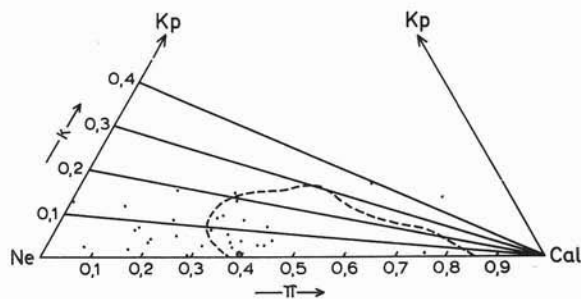


Fig. 11. — Diagramma π/k (v. testo).

lore più elevato di M; dal diagramma π/k (fig. 11) risulta invece chiaro il carattere non spilitico del metadiabase di Monte Purritto rispetto a buona parte delle ofioliti italiane prese a confronto, che infatti presentano in generale valori più bassi per π e più elevati per k .

Nel triangolo A-C-F relativo agli scisti epizonali (WINKLER, 1967) il punto rappresentativo del metadiabase di Monte Purritto viene a localizzarsi nel campo limitato da clorite, anfibolo ed epidoto, in accordo con le osservazioni petrografiche.

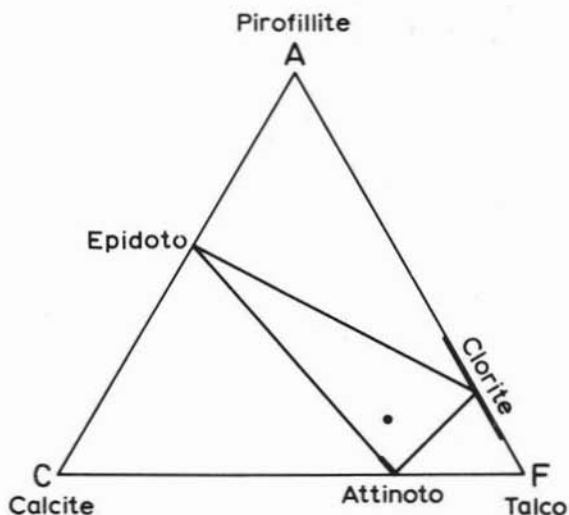


Fig. 12. — Diagramma A-C-F.

Conclusioni.

La roccia basica di Monte Purritto affiora, come le altre del Taorminese citate in precedenza, come intercalazione primaria entro un complesso semimetamorfico delimitato con chiarezza sia al letto che al tetto. Le rocce semimetamorfiche appartengono infatti al Complesso Calabride che ricopre tettonicamente la Falda di Cesarò del Complesso Sicilide (OGNIBEN, 1960); le litofacies di derivazione pelitica ed i livelli metadiabasici intercalati costituiscono la parte basale della unità tettonica dei semiscisti e sfumano superiormente verso prevalenti arcosi semimetamorfiche più o meno conglomeratiche e porfiroidi (ATZORI, 1970). In successione apparentemente stratigrafica si osserva quindi una serie giurassico-eocenica non metamorfosata che inizia con un conglomerato rosso in facies di Verrucano, prosegue verso l'alto con una successione di rocce carbonatiche mesozoiche e termina con la Forma-

zione calcescistosa di Militello cretaceo-eocenica (OGNIBEN, 1960; ATZORI, 1968) e talora con il Flysch di Frazzanò eocenico-oligocenico (OGNIBEN, 1960). Il complesso suddetto di rocce semimetamorfiche e sedimentarie è ricoperto trasgressivamente dal Flysch di Capo d'Orlando (Oligocene-Miocene inferiore) ed il tutto costituisce la Falda di Longi del Complesso Calabride (OGNIBEN, 1960). Tale unità tettonica è ricoperta dalla Falda di Galati, costituita da semiscisti (entro i quali si hanno pure sporadiche intercalazioni di rocce vulcaniche e sub-vulcaniche basiche) cui segue una serie supragiurassica di soglia non subsidente, al cui tetto a loro volta si rinvengono le filladi ed i soprastanti calcari berriasiani a calpionelle della Falda di Mandanici (OGNIBEN, 1969).

Alla luce di quanto sopra e tenendo presente in particolare che:

- i terreni semimetamorfici della Falda di Longi sono ricoperti in trasgressione da un conglomerato rosso non datato, ma con ogni probabilità appartenente al Lias basale, che contiene ciottoli delle stesse rocce cristalline sottostanti;
- il conglomerato suddetto e le soprastanti rocce sedimentarie giurassico-eoceniche non mostrano indizi di metamorfismo, nemmeno blando;
- i semiscisti di derivazione pelitica, le arcose semimetamorfiche, le rocce vulcaniche acide debolmente trasformate (porfiroidi) ed infine la roccia sub-vulcanica basica di Monte Purritto appaiono tutti interessati da un processo metamorfico alto-epizonale unitario, senza traccia alcuna di fenomeni polimetamorfici,

può essere formulata una ipotesi circa l'età del metamorfismo che ha interessato la parte pre-mesozoica delle Falde di Longi e di Galati: la conclusione più probabile sembra essere il riferimento alla orogenesi ercinica, analogamente a quanto comunemente ammesso per rocce simili delle Alpi orientali (D'AMICO, 1962; GENTILI e PELLIZZER, 1964).

Ringrazio il Ch.mo Prof. Claudio D'Amico per la lettura critica del manoscritto.

Catania, Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università.

BIBLIOGRAFIA

- ATZORI P. (1968) - *Studio geo-petrografico dell'affioramento mesozoico di Ali Terme (Messina)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, S. VI, XX, pp. 143-172.
- ATZORI P. (1970) - *Contributo alla conoscenza degli scisti epizonali dei Monti Peloritani (Sicilia)*. In corso di stampa.
- BALDANZA B. (1958) - *Prime notizie su una «roccia verde» siciliana*. Rdc. S.M.I., XIV, pp. 50-54.
- BROWN G. (1961) - *The x-ray identification and crystal structure of clay minerals*. Mineralogical Society, London.
- BURRI C. (1959) - *Petrochemische Berechnungsmethoden auf aquivalenter Grundlage*. Birkhäuser Verlag, Stuttgart.
- BURRI C. e NIGGLI P. (1945) - *Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens*. Publ. Vulkaninst. Imm. Friedländer, 5, H. 1, Zürich.
- CAMPISI B. (1958) - *Lineamenti geologici della regione di Sant'Agata di Militello, Floresta e zone contermini (Sicilia settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. d'Italia, LXXX, pp. 565-610.
- COLVILLE P., ERNST W. G. e GILBERT M. C. (1966) - *Relationships between cell parameters and chemical compositions of monoclinic amphiboles*. Am. Min., 51, pp. 1727-1754.
- D'AMICO C. (1962) - *La zona cristallina Agordo-Cereda*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, XXIII, 77 pp.
- ERNST W. G. (1968) - *Amphiboles*. Springer-Verlag, Berlin.
- GALLI M. (1956) - *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche dell'Appennino ligurico. Nota II. I diabasi della Riviera di Levante*. Per. Min., 25, pp. 139-170.
- GENTILI G. e PELLIZZER R. (1964) - *Le rocce eruttive del Paleozoico Carnico*. Boll. Soc. Geol. Ital., 83, pp. 151-206.
- HEY M. H. (1954) - *A new review of the chlorites*. Miner. Mag., 30, pp. 277-292.
- LO GIUDICE A. (1968) - *La massa ofiolitica di S. Severino Lucano (Potenza)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, S. VI, XX, pp. 173-188.
- MOTTA S. (1957) - *Appunti preliminari sui rilevamenti geologici effettuati in Sicilia durante il 1956 nella zona taorminese del Foglio 262 (M. Etna)*. Boll. Serv. Geol. d'Italia, 79, pp. 427-437.
- NIGGLI P. (1936) - *Die Magmentypen*. Schw. Min. Petr. Mitt., 16, pp. 335-399, Zürich.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello Schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riv. Minerar. Siciliana, XI, 64-65, pp. 183-212.
- OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., VIII, pp. 453-763.
- PELLIZZER R. (1961) - *Le ofioliti nell'Appennino emiliano*. Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, 8, s. 1, 183 pp.
- RAYCHAUDHURI B. (1964) - *Relation of atomic constitution to lattice parameters in some hornblendes from the Black Hills, South Dakota*. Am. Min., 49, pp. 198-206.

- SHAPIRO L. e BRANNOCK W. W. (1962) - *Rapid analysis of silicate, carbonate and phosphate rocks*. Geol. Surv. Bull., 1144-1, 56 pp.
- SPAEDA P. (1968) - *Pillow-lavas nei terreni alloctoni dell'Appennino lucano*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, S. VI, XX, pp. 105-142.
- TRÖGER W. E. (1959) - *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. Teil 1, 147 pp., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TRÖGER W. E. (1967) - *Id. c.s.*, Teil 2, 822 pp.
- TRUILLET R. (1968) - *Etude geologique des Peloritains orientaux. Les filons sedimentaires*. (Tesi presentata per ottenere il titolo di Dottore in Scienze Naturali). Paris.
- WEIBEL M. (1961 a) - *Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse*. Schw. Min. Petr. Mitt., pp. 285-294.
- WEIBEL M. (1961 b) - *Die Aluminium Bestimmung in der chemischen Silicatanalyse*. Zeit. f. anal. Chem., 184/5, pp. 322-327.
- WINKLER H. G. F. (1967) - *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer-Verlag, Berlin.