

Studio petrologico di alcune metamorfiti erciniche dei Monti Peloritani Nord Orientali (Sicilia)

SALVATORE IOPPOLO

Istituto di Scienze della Terra, Papardo, Cas. Post. 54, 98166 S. Agata Messina

GIUSEPPA PUGLISI

Istituto di Scienze della Terra, Corso Italia 55, 95125 Catania

RIASSUNTO. — Nei Peloritani affiorano prevalentemente paragneiss e micascisti, nei quali sono stati registrati blastesi sin- e postcinematiche. Per conoscere le condizioni P-T dei due eventi blastici è stato studiato il chimismo dei minerali di alcuni paragneiss affioranti nelle aree di Pizzo Chiarino e di Capo Rasocolmo.

Applicando alcuni geotermobarometri che si basano sul contenuto in fengite della muscovite e sulle relazioni composizionali esistenti tra granato-biotite, plagioclasio-K-feldspato e granato-plagioclasio, si sono ottenute differenti condizioni metamorfiche relative agli eventi blastici delle due aree. Infatti, dei due eventi blastici, a Pizzo Chiarino, quello sincinemático appare caratterizzato da temperature di circa $550^\circ \pm 25^\circ\text{C}$ con pressioni di 3.6 ± 0.3 Kb e quello postcinematico da temperature decrescenti nell'intervallo di $T = 550^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$ con $P = 3.4 - 3.0$ Kb. A Capo Rasocolmo, invece, per l'evento sincinemático sono state stimate $T \approx 640^\circ\text{C}$ e $P \approx 3.5$ Kb, mentre per quello postcinematico un intervallo di $T = 650^\circ - 600^\circ\text{C}$ e $P = 4.0 - 3.2$ Kb. La differenza di circa 100°C tra le due aree studiate potrebbe riflettere una zoneografia del metamorfismo in una situazione di discordanza angolare tra superfici isoterme e isobare.

Le condizioni metamorfiche riscontrate nei paragneiss di Capo Rasocolmo sono simili a quelle riconosciute nelle metamorfiti dell'area di Delianuova (Aspromonte, Calabria) suggerendo una comune evoluzione del metamorfismo dell'unità dell'Aspromonte.

Parole chiave: Geotermometria, geobarometria, facies anfibolitica, orogenesi ercinica, Sicilia.

PETROLOGY OF SOME HERCYNIAN PARAGNEISSES, NORTH-EASTERN MTS. PELORITANI (SICILY)

ABSTRACT. — In the Peloritani Mts. are exposed paragneisses and micaschists affected by syn- and postkinematic events. In order to know the P-T conditions

of two blast events the mineral chemistry of some paragneisses from Pizzo Chiarino and Capo Rasocolmo areas has been studied by electron microprobe.

Applying geothermobarometers which consider the phengitic component of muscovite and the compositional relationships between garnet and biotite, plagioclase and K-feldspar, garnet and plagioclase different metamorphic conditions were inferred for two areas. In the Pizzo Chiarino area the synkinematic event took place at temperature of $550^\circ \pm 25^\circ\text{C}$ and at pressure of 3.6 ± 0.3 Kb, whereas the postkinematic event at lower temperature in the range 550° to 500°C and at pressure from 3.4 to 3.0 Kb.

In the Capo Rasocolmo area the synkinematic event occurred at $T \approx 640^\circ\text{C}$ and $P \approx 3.5$ Kb, whereas the postkinematic event at decreasing temperature in the range 650°C to 600°C and pressure from 4.0 to 3.2 Kb.

The T difference of 100°C between the two studied areas might be related to a metamorphic zoneography showing an angular discordance between metamorphic isothermic and isobaric surfaces.

The metamorphic conditions inferred for the paragneisses of Capo Rasocolmo, consistent with that of metamorphites of the Delianuova area (Aspromonte, Calabria), suggest a common evolution for the metamorphics of the Aspromonte unit.

Key words: Geothermometry, geobarometry, amphibolite facies, Hercynian orogen, Sicily.

Introduzione

Nei Peloritani Nord Orientali affiora l'Unità dell'Aspromonte (OGNIBEN, 1960), un complesso metamorfico costituito da paragneiss, micascisti e leucosomi, gneiss occhadini, gneiss anfibolici, gneiss granitoidi intruso

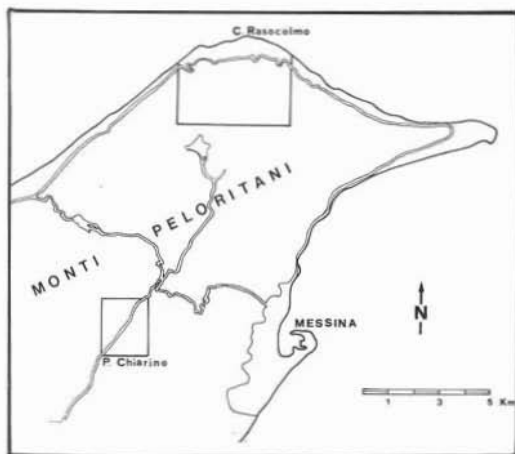


Fig. 1. — Schizzo della zona dei Monti Peloritani in cui sono dislocate le due aree in studio. — Sketch of Peloritani Mountains belt of two areas studied.

da leucogranodioriti muscovitiche. Il metamorfismo di questo complesso cristallino, viene ritenuto ercinico da ATZORI et al. (1984b) ed ercinico con evidenze di un precedente metamorfismo caledoniano da FERLA et al. (1982). Non esistono dati geocronologici che confermano il polimetamorfismo di questo settore dell'Arco Calabro-Peloritano; infatti le leucogranodioriti di Capo Rasocolmo hanno un'età di messa in posto di 293 ± 9 Ma (isocrona Rb/Sr di roccia totale) e un'età di raffreddamento tra 285 e 287 Ma (determinazioni su miche) (DEL MORO et al., 1982). Determinazioni su miche dell'età degli gneiss occhiadini e dei paragneiss della fascia tirrenica dei Peloritani sembrano indicare età del metamorfismo dello stesso ordine di grandezza (289-292 Ma) (comunicazione verbale di ATZORI). Anche i dati geocronologici di altre aree calabre (SCHENK, 1980; 1984; ATZORI et al., 1984b; ROTTURA, 1985), non confermano quanto suggerito da BOUILLIN et al. (1984) e MAJESTÉ-MENJOUAS et al., (1984) circa l'età preercinica del basamento di medio-alto grado dell'Arco Calabro-Peloritano.

Tutti i litotipi citati sono stati già studiati dal punto di vista petrografico e petrochimico (PUGLISI & ROTTURA, 1973; MACCARRONE et al., 1978; ATZORI & LO GIUDICE, 1982; ATZORI et al., 1984a; ATZORI et al., 1984c). In particolare i paragneiss peloritani sono stati

studiati in diverse aree campione (D'AMICO et al., 1972; MACCARRONE et al., 1975; ATZORI et al., 1976a e b; MACCARRONE et al., 1978).

Per avere un più completo quadro petrologico sono stati scelti alcuni campioni in due aree tipo, Pizzo Chiarino e Capo Rasocolmo, per effettuare, alla microsonda elettronica, uno studio chimico dettagliato dei minerali presenti (Fig. 1). Maggiori notizie sulle caratteristiche geologiche delle aree studiate sono in ATZORI et al. (1974) e PUGLISI & ROTTURA (1973) dove sono riportate dettagliate carte geologico-petrografiche.

Tutti i paragneiss peloritani sono stati suddivisi in tre gruppi strutturali: paragneiss granoxenoblastici, blastici e flebitici (MACCARRONE et al., 1975, figg. 2-3; 1978). In essi sono state riconosciute due fasi di cristallizzazione: una prima sincinemica a sillimanite più muscovite, prevalente nei paragneiss granoxenoblastici, e una postcinematica ad andalusite più muscovite, prevalente nei paragneiss blastici e flebitici (v. figg. 12-13 in MACCARRONE et al., 1975).

Nell'area di Capo Rasocolmo esiste una intima associazione tra paragneiss e leucogranodioriti muscovitiche che affiorano sia in masserelle discordanti entro paragneiss pre-

TABELLA 1
Composizione Mineralogica — Mineralogical Composition

PIZZO					CHIARINO					
Camp	Qtz	Pl	Kfs	Bt	Ms	Sil	Grt	Ilm	Crd	Gr
405	x	x		x	x		x	x		
787	x	x		x	x	x	x	x		
788	x	x		x	x	x	x	x		
790	x	x		x	x	x	x	x		
751	x	x		x	x	x	x	x		
769	x	x		x	x	x	x	x		
815	x	x		x			x	x		
816	x	x		x			x	x		
804	x	x		x			x	x		

CAPO					RASOCOLMO					
Camp	Qtz	Pl	Kfs	Bt	Ms	Sil	Grt	Ilm	Crd	Gr
12	x	x	x	x	x					
43	x	x	x	x	x					
44	x	x	x	x	x					
346	x	x	x	x	x					
422	x	x	x	x	x	x			x	x
387	x	x	x	x	x	x			x	x
431	x	x	x	x	tr	x	x		x	
490	x	x	x	x	tr	x			x	
827	x	x	x	x	tr				x	

Qtz=quarzo; Pl=plagioclasio; Kfs=K-feldspato; Bt=biotite; Hs=muscovite; Sil=sillimanite; Grt=granato; Ilm=ilmenite; Crd=cordierite; Gr=grafite.
a) paragneiss granoxenoblastici: Camp. 405, 751, 787, 788, 790 e 12, 43, 44, 346, 422.
b) paragneiss flebitici: Camp. 769 e 490.
c) paragneiss blastici: Camp. 815 e 387, 431, 827.
d) micascisto: Camp. 816.
e) paragneiss associato ad anfiboliti: Camp. 804.

TABELLA 2

Analisi Modali e Chimiche — Modal and Chemical Analyses

	Pizzo		Chiarino				
Camp.	405	787	788	790	769	815	804
Qtz	34.7	42.3	40.8	40.7	25.7	24.2	22.3
Pl	30.0	27.9	30.0	20.2	32.9	13.2	29.9
Bt	33.5	23.5	26.3	28.8	31.8	54.8	42.7
Ms	0.9	0.7	1.0	10.0	5.5	0.0	0.0
Altri	0.9	5.6	1.9	0.3	4.1	7.8	5.1
SiO ₂	65.53	68.58	66.91	63.75	58.80	47.79	55.92
TiO ₂	0.88	0.80	0.80	0.92	1.08	2.50	1.11
Al ₂ O ₃	15.00	13.42	14.17	15.58	18.15	16.60	17.51
FeO	2.54	2.52	2.05	2.11	2.21	2.57	2.71
MnO	0.13	0.11	0.13	0.14	0.13	0.40	0.16
MgO	2.38	2.51	2.57	3.08	3.51	5.47	4.23
CaO	2.86	1.76	1.84	1.81	1.53	2.18	5.16
Na ₂ O	2.94	2.91	3.06	2.31	4.10	1.90	0.85
K ₂ O	2.42	1.77	2.03	3.42	2.85	4.90	2.30
P ₂ O ₅	0.22	0.19	0.19	0.19	0.23	1.20	0.14
LOI	1.24	1.87	1.87	1.72	2.75	2.69	4.33
E	99.61	99.66	99.56	99.51	100.08	99.84	99.81

Paragneiss granoxenoblastici: campioni 405, 787, 788, 790.
 Paragneiss flebitico: campione 769.
 Paragneiss blastico: campione 815.
 Paragneiss associato ad anfiboliti: campione 804.
 Le analisi dei campioni 769, 815 e 804 sono riportate da Maccarrone et. al., 1975.

valenti sia in masse maggiori contenenti septa paragneissici (PUGLISI & ROTTURA, 1973). L'intrusione delle leucogranodioriti di Capo Rasocolmo ha prodotto nei paragneiss lo sviluppo di cordierite di contatto (MACCARRONE et al., 1978).

Nell'area di Pizzo Chiarino sono stati scelti cinque campioni di paragneiss granoxenoblastici, un paragneiss blastico, un paragneiss flebitico, un paragneiss associato alle anfiboliti caratterizzato da un elevato contenuto in Ca e un micascisto.

Nell'area di Capo Rasocolmo, sono stati scelti cinque campioni di paragneiss granoxenoblastici, un paragneiss flebitico e tre paragneiss blastici.

La composizione mineralogica dei campioni studiati è rappresentata in Tabella 1; alcune analisi modalì e chimiche di roccia totale sono riportate in Tabella 2 e 3.

Metodi di studio

Il chimismo dei minerali è stato determinato alla microsonda elettronica SEMQ-ARL, in dotazione del Centro di Studi Geominerari e Mineralogici dell'Università di Cagliari; sono stati utilizzati il programma standard internazionale MAGIC per la correzione ZAF

TABELLA 3

Analisi Modalì e Chimiche — Modal and Chemical Analyses

	Capo		Rasocolmo			
Camp.	12	43	346	422	387	431
Qtz	56.7	52.0	45.7	39.8	12.5	26.8
Pl	17.5	19.0	26.3	21.5	32.4	33.0
Bt	20.2	17.3	23.6	26.4	48.6	37.9
Ms	2.6	4.5	0.6	4.1	4.9	0.4
Kfs	2.6	6.8	0.0	3.9	0.4	0.0
Altri	0.5	0.3	3.8	4.3	1.3	2.0
SiO ₂	75.08	76.89	72.46	71.61	52.48	60.33
TiO ₂	0.66	0.76	0.68	0.86	0.93	0.77
Al ₂ O ₃	11.67	9.39	11.47	12.08	20.42	16.70
Fe ₂ O ₃	0.82	3.02	2.21	2.21	0.58	0.83
FeO	3.27	1.39	2.90	2.77	7.72	5.88
MnO	0.06	0.07	0.06	0.06	0.08	0.08
MgO	1.53	1.93	2.25	2.03	4.62	3.92
CaO	1.21	0.90	1.57	1.22	2.71	2.90
Na ₂ O	2.02	1.57	2.53	2.29	3.67	2.93
K ₂ O	2.55	2.95	2.20	2.92	4.29	3.17
P ₂ O ₅	0.13	0.12	0.12	0.13	0.21	0.18
LOI	0.53	0.86	1.23	1.52	1.32	1.38
E	99.53	99.85	99.68	99.70	99.03	99.07

Paragneiss granoxenoblastici: campioni 12, 43, 346, 422.
 Paragneiss blastici: campioni 387 e 431.
 Le analisi dei campioni 12, 387 e 431 sono riportate da Maccarrone et. al., 1978.

e, come standards di riferimento, alcuni minerali silicatici.

Per quanto riguarda le analisi chimiche di roccia totale MgO è stato determinato con lo spettrofotometro ad assorbimento atomico, Na₂O con lo spettrofotometro a fiamma, FeO con il metodo volumetrico, tutti gli altri elementi con fluorescenza a raggi X.

Feldspati

In Tabella 4, delle 88 analisi di plagioclasti e K-feldspati effettuate, ne sono riportate alcune rappresentative delle due aree studiate.

In Figura 2 sono riportate le percentuali del contenuto in An dei plagioclasti sincinematici (in paragneiss granoxenoblastici), e postcinematici (in paragneiss blastici e flebitici). Si può notare che, tranne nei paragneiss associati alle anfiboliti (804) nei quali i plagioclasti sono bytownitici, i paragneiss di Pizzo Chiarino sono caratterizzati da plagioclasti oligoclastici con sovrapposizione degli intervalli di composizione per quelli sin e postcinematici ($\bar{x}$ pl sincinematici = 26% An; $\bar{x}$ pl postcinematici = 28% An); invece nei paragneiss di Capo Rasocolmo i plagioclasti postcinematici sono tendenzialmente più basici di

quelli sincinemati ($\bar{x}$ pl sincinemati = 23% An; $\bar{x}$ pl postcinemati = 29% An). Non esistono comunque differenze sostanziali tra i plagioclasti di Pizzo Chiarino e quelli di Capo Rasocolmo.

Non si può attribuire al tenore in An un significato geotermobarometrico per l'assen-

za di calcite o di epidoti nelle rocce studiate. Il contenuto di potassio è generalmente basso nei plagioclasti di Pizzo Chiarino ($Or = 0.10-0.96$; $\bar{x} = 0.36$) e più alto in quelli di Capo Rasocolmo ($Or = 0.41-1.82$; $\bar{x} = 1.12$).

Il K-feldspato delle metamorfiti di Capo Rasocolmo, presenta contenuti di calcio molto

TABELLA 4
Analisi alla Microsonda — Microprobe Analyses

Camp.	PLAGIOCLASI				KFELDSPATI			
	Pizzo Chiarino				Capo Rasocolmo			
	751-4	804-6	815-9	816-8	43-9	44-14	431-22	43-12 44-7
SiO ₂	62.20	47.05	60.14	59.38	62.62	62.64	59.00	64.34 64.25
Al ₂ O ₃	24.46	34.79	25.50	26.94	24.06	24.49	26.68	18.89 19.36
CaO	5.16	17.25	6.69	7.59	5.12	5.18	7.40	0.01 0.04
Na ₂ O	7.93	1.67	7.49	7.06	8.47	8.72	7.18	0.83 1.99
K ₂ O	0.17	0.01	0.07	0.06	0.19	0.28	0.07	15.30 14.06
Σ	99.92	100.77	99.89	100.98	100.46	101.31	100.33	99.37 99.70

Formula calcolata sulla base di 8 Ossigeni								
Si	2.748	2.140	2.673	2.618	2.755	2.742	2.618	2.982 2.960
Al	1.274	1.865	1.336	1.400	1.250	1.264	1.395	1.032 1.051
Ca	0.244	0.840	0.319	0.359	0.242	0.243	0.352	0.001 0.002
Na	0.679	0.147	0.645	0.604	0.724	0.740	0.617	0.074 0.178
K	0.009	0.001	0.004	0.003	0.010	0.016	0.004	0.904 0.826
Σ	4.954	4.993	4.977	4.984	4.985	5.005	4.986	4.993 5.018

Ab	72.76	14.88	66.63	62.54	74.16	74.11	63.37	7.61 17.67
An	26.20	85.10	32.95	37.14	24.77	24.33	36.15	0.05 0.20
Or	0.96	0.10	0.41	0.31	1.08	1.56	0.41	92.34 82.13

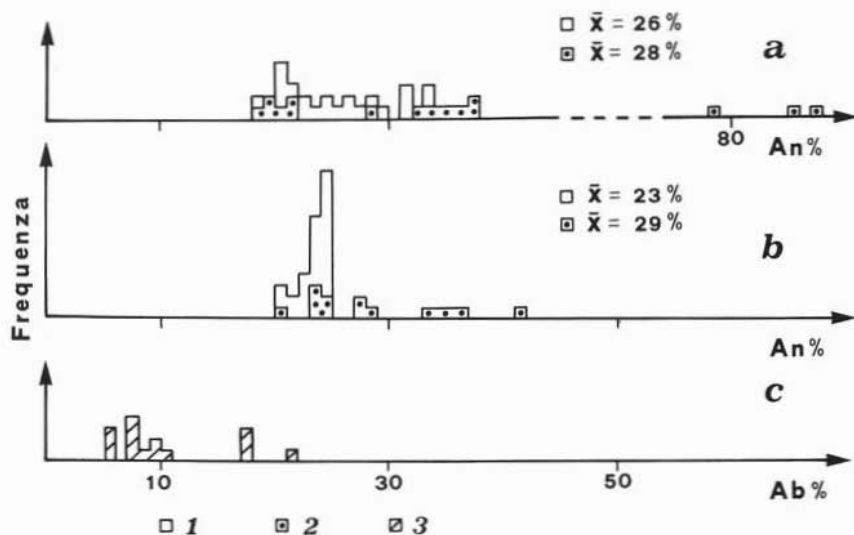


Fig. 2. — Diagrammi di frequenza del contenuto in An dei plagioclasti delle metamorfiti di Pizzo Chiarino (a), di Capo Rasocolmo (b) e del contenuto in Ab dei K-feldspati di Capo Rasocolmo (c). 1 = plagioclasti sincinemati; 2 = plagioclasti postcinemati; 3 = K-feldspati sincinemati. — Histograms of An content in plagioclases from Pizzo Chiarino (a) and Capo Rasocolmo (b) metamorphites; histogram of Ab content in K-feldspar of Capo Rasocolmo (c). 1 = synkinematic plagioclases; 2 = postkinematic plagioclases; 3 = synkinematic K-feldspars.

TABELLA 5

Analisi alla Microsonda — Microprobe Analyses

Camp.	MUSCOVITE					
	Pizzo Chiarino			Capo Rasocolmo		
751-7	769-17	790-1	12-8	43-13	44-3	
SiO ₂	45.99	45.51	45.58	46.81	46.13	46.18
Al ₂ O ₃	35.96	35.42	35.70	35.40	35.80	36.10
TiO ₂	0.76	0.97	0.60	1.36	1.26	1.14
FeO	1.10	0.85	0.82	1.07	0.71	0.83
MgO	0.38	0.52	0.49	0.59	0.60	0.67
CaO	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00
Na ₂ O	0.80	1.02	0.80	0.43	0.51	0.56
K ₂ O	10.20	9.88	10.31	10.80	10.75	10.94
Σ	95.20	94.17	94.31	96.46	95.78	96.42

Formula calcolata sulla base di 22 Ossigeni

Si	6.115	6.110	6.117	6.155	6.103	6.080
Al ^{IV}	1.885	1.890	1.883	1.845	1.897	1.919
Σ	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	3.751	3.716	3.764	3.642	3.686	3.683
Ti	0.076	0.098	0.060	0.135	0.125	0.113
Fe	0.122	0.095	0.092	0.118	0.078	0.091
Mg	0.075	0.104	0.098	0.116	0.118	0.131
Σ	4.024	4.013	4.014	4.011	4.008	4.019
Ca	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000
Na	0.206	0.265	0.208	0.110	0.131	0.143
K	1.730	1.692	1.765	1.812	1.814	1.838
Σ	1.937	1.957	1.974	1.921	1.948	1.981

bassi e un tenore variabile di Ab (v. Fig. 2).

Identiche variazioni composizionali (pl sin-cinematici 20-24% An, $\bar{x} = 22.6$; pl postcinematici 24-26% An, $\bar{x} = 25.5$) sono mostrate dai plagioclasti delle metamorfite di Delianuova in Aspromonte, nella stessa Unità tettonica (IOPPOLO & PUGLISI, 1986). Il K-feldspato di Delianuova ha invece un contenuto in molecola albitica più basso ($Ab \leq 6.89\%$).

Questi dati non sono in accordo con quanto pubblicato da LO GIUDICE et al. (1985, Fig. 3), i quali, sulla base dei risultati di calcoli normativi, concludono che i plagioclasti dei paragneiss granoxenoblastici sono più calcici rispetto a quelli dei paragneiss blastici e flebitici. A nostro parere, quindi, è ancora valida l'interpretazione di ATZORI et al. (1976a e b), D'AMICO et al. (1972), MACCARRONE et al., (1975, 1978), che i paragneiss blastici e flebitici derivino dagli gneiss granoxenoblastici, evoluzione negata da LO GIUDICE et al. (1985) proprio sulla scorta della composizione dei plagioclasti.

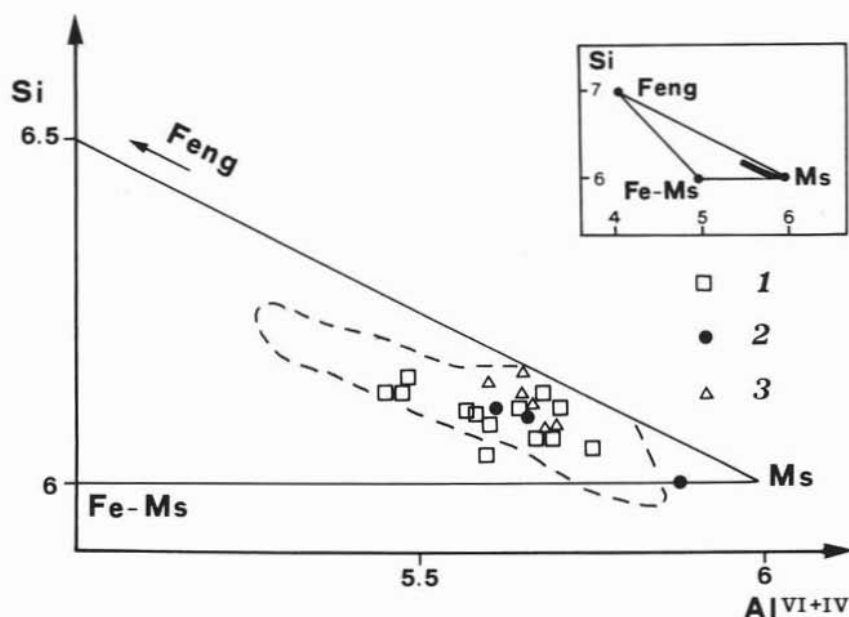


Fig. 3. — Al_{tot} - Si con termini di muscovite, ferrimuscovite e fengite. 1 = muscoviti sincinematiche di Capo Rasocolmo; 2 = muscoviti postcinematiche di Pizzo Chiarino; 3 = muscoviti sincinematiche di Pizzo Chiarino. Area tratteggiata = campo di variazione delle muscoviti di Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986). — Al_{tot} vs Si correlation diagram. 1 = Capo Rasocolmo postkinematic muscovites; 2 = Pizzo Chiarino postkinematic muscovites; 3 = Pizzo Chiarino synkinematic muscovites. Field within dashed lines = Compositional field of muscovites from Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986).

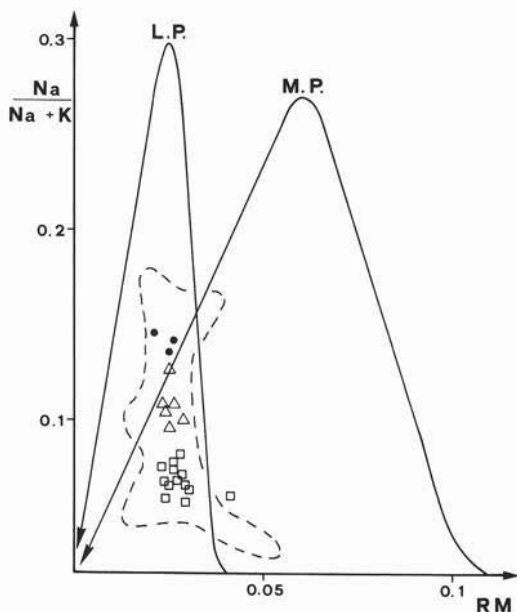


Fig. 4. — Diagramma RM - $Na/(Na + K)$ che mette in relazione le variazioni di temperatura con la composizione della muscovite. L.P. e M.P. = curve di incremento di temperatura a bassa pressione e media pressione rispettivamente (GUIDOTTI & SASSI, 1976). Per la legenda vedi Fig. 2. — RM vs $Na/(Na + K)$ diagram that shows relationships between temperature and muscovite composition. L.P. and M.P. = temperature increasing paths at low and medium pressures (GUIDOTTI & SASSI, 1976). Symbols as in Fig. 2.

Muscovite

In Tabella 5 sono riportate alcune analisi rappresentative delle 23 effettuate per le due aree in studio.

La formula è stata calcolata sulla base di 22 Ossigeni. Il ferro è stato calcolato tutto quale ione bivalente: la presenza di ilmenite e grafite e l'assenza di magnetite ed ematite (Tab. 1) fa presupporre che il rapporto Fe^{3+}/Fe^{2+} sia da moderato a basso (GUIDOTTI & SASSI, 1976).

Il diagramma $(Al^{VI} + Al^{IV}) - Si$ (Fig. 3) mostra che si tratta di muscoviti con scarse quantità di fengite e di ferrimuscovite. Non esistono sostanziali differenze tra le muscoviti delle due aree esaminate e, relativamente a Pizzo Chiarino, tra le muscoviti di paragneiss granoxenoblastici e di quelli blastici e flebitici.

Il diagramma $Na/(Na + K)$ -RM (moli di $MgO + FeO$) (Fig. 4) conferma il basso con-

tenuo in fengite e/o ferrimuscovite (bassi valori di RM), e mette in evidenza un contenuto di paragonite variabile. Le muscoviti delle metamorfiti di Capo Rasocolmo a K-feldspato mostrano contenuti in paragonite più bassi (Tab. 1). Tutte le muscoviti si distribuiscono in un'area corrispondente a condizioni metamorfiche di bassa pressione (GUIDOTTI & SASSI, 1976).

Il contenuto relativamente elevato di TiO_2 (≤ 1.71) delle muscoviti di entrambe le aree suggerisce condizioni termiche medio-alte (GUIDOTTI, 1973).

Le muscoviti analizzate mostrano composizioni analoghe a quelle dell'area di Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986) (Figg. 3-4).

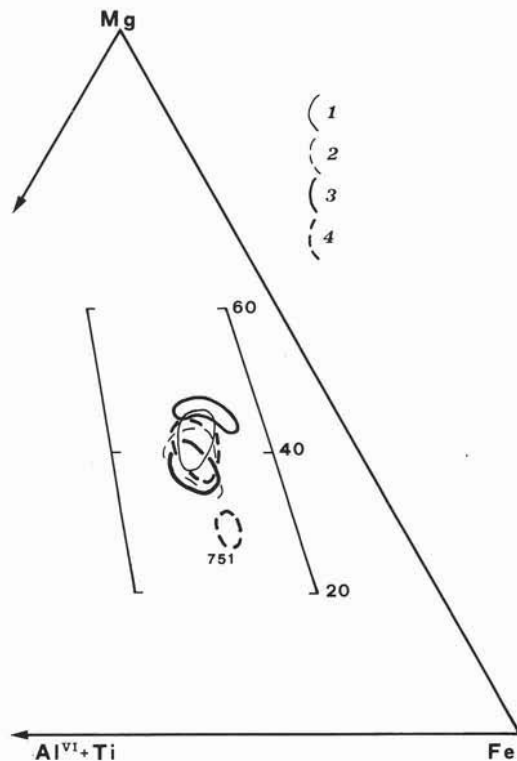


Fig. 5. — Diagramma classificativo $Mg/(Al^{VI} + Ti)/Fe^{2+}$ delle biotiti, (FOSTER, 1960). 1 = biotiti postcinematiche di Capo Rasocolmo; 2 = biotiti sincinematiche di Capo Rasocolmo; 3 = biotiti postcinematiche di Pizzo Chiarino; 4 = biotiti sincinematiche di Pizzo Chiarino. — $Mg/(Al^{VI} + Ti)/Fe^{2+}$ diagram for biotites (FOSTER, 1960). Capo Rasocolmo postkinematic (1) and synkinematic (2) biotites; Pizzo Chiarino postkinematic (3) and synkinematic (4) biotites.

TABELLA 6
Analisi alla Microsonda — Microprobe Analyses

B I O T I T E								
	Pizzo Chiarino				Capo Rasocolmo			
Camp.	787-1	751-6	804-18	815-14	12-2	387-5	431-6	827-4
SiO ₂	36.74	34.95	37.28	34.82	35.54	35.67	35.45	35.99
Al ₂ O ₃	20.74	20.16	19.12	19.97	19.39	20.56	19.93	20.58
TiO ₂	1.47	2.37	1.34	1.82	2.75	1.70	1.39	1.68
FeO	17.18	21.30	16.24	19.18	19.63	17.94	17.26	17.48
MgO	10.83	7.28	11.82	8.88	8.84	10.40	11.49	11.01
Cr ₂ O ₃	0.06	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.05	0.00
MnO	0.15	0.11	0.07	0.20	0.38	0.20	0.20	0.33
CaO	0.00	0.02	0.06	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00
Na ₂ O	0.17	0.06	0.05	0.11	0.04	0.16	0.17	0.02
K ₂ O	9.49	9.12	8.34	9.09	9.92	9.63	9.46	9.62
Σ	96.83	95.39	94.34	94.11	96.53	96.28	95.44	96.71
Formula calcolata sulla base di 22 Ossigeni								
Si	5.415	5.348	5.577	5.355	5.363	5.330	5.333	5.338
Al ^{IV}	2.585	2.652	2.423	2.645	2.637	2.670	2.667	2.662
Σ	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Al ^{VI}	1.019	0.985	0.948	0.975	0.811	0.952	0.867	0.936
Ti	0.163	0.273	0.151	0.210	0.312	0.191	0.157	0.187
Fe	2.117	2.726	2.031	2.466	2.477	2.242	2.171	2.168
Mg	2.379	1.660	2.635	2.035	1.988	2.316	2.576	2.433
Cr	0.007	0.002	0.002	0.005	0.004	0.002	0.006	0.000
Mn	0.019	0.014	0.009	0.026	0.049	0.025	0.025	0.041
Σ	5.704	5.660	5.766	5.717	5.640	5.729	5.804	5.766
Ca	0.000	0.003	0.010	0.000	0.002	0.000	0.006	0.000
Na	0.049	0.018	0.014	0.033	0.012	0.046	0.050	0.006
K	1.784	1.780	1.592	1.783	1.910	1.836	1.816	1.820
Σ	1.833	1.801	1.616	1.816	1.923	1.882	1.872	1.826

Biotite

In Tabella 6 sono riportate alcune analisi rappresentative scelte tra le 102 effettuate in modo da coprire la variabilità riscontrata. La formula è stata calcolata sulla base di 22 Ossigeni, considerando tutto il ferro come ione bivalente. Le biotiti analizzate, secondo la classificazione di FOSTER (1960), corrispondono a termini intermedi tra magnesio-biotiti e ferro-biotiti; solo le biotiti del campione 751 cadono nel campo delle Fe-biotiti (Fig. 5). In entrambe le aree studiate non esiste sostanziale differenza tra le biotiti sincinematiche dei paragneiss granoxenoblastici e quelle postcinematiche dei paragneiss flebitici e blastici. Non esistono sostanziali differenze compositive tra biotiti appartenenti ad ogni singolo campione.

I valori di Ti sono dispersi, ma, mostrano una correlazione inversa con l'Al^{VI} (Fig. 6). L'elevato contenuto in Al delle biotiti esaminate rispecchia sia la composizione della roccia totale che le condizioni metamorfiche di grado medio-alto (GUIDOTTI, 1984).

Il confronto con le biotiti delle metapeliti erciniche di Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986) indica sostanziali analogie per quanto riguarda i tenori in Al e Ti. Sono più ricche in Fe le biotiti di Delianuova.

Granati

In Tabella 7, delle 36 analisi effettuate, ne sono riportate alcune rappresentative dei granati di Capo Rasocolmo e di Pizzo Chiarino.

Il calcolo della formula viene eseguito sulla base di 12 Ossigeni e la somma dei cationi è riportata a 8 per valutare la quantità di ferro nei due stati di ossidazione. Per il calcolo delle molecole base è stato utilizzato il metodo di RICKWOOD (1968).

Sono almandini con discreta quantità di spessartina (Pizzo Chiarino ≤ 23.98%, Capo Rasocolmo ≤ 19.31%) più bassi tenori di pirope (Pizzo Chiarino ≤ 11.46%, Capo Rasocolmo ≤ 18.74%) e scarse quantità di grossularia (Pizzo Chiarino ≤ 5.74%, Capo Rasocolmo ≤ 3.93%). Leggermente diversi sono i granati del paragneiss associato alle anfi-

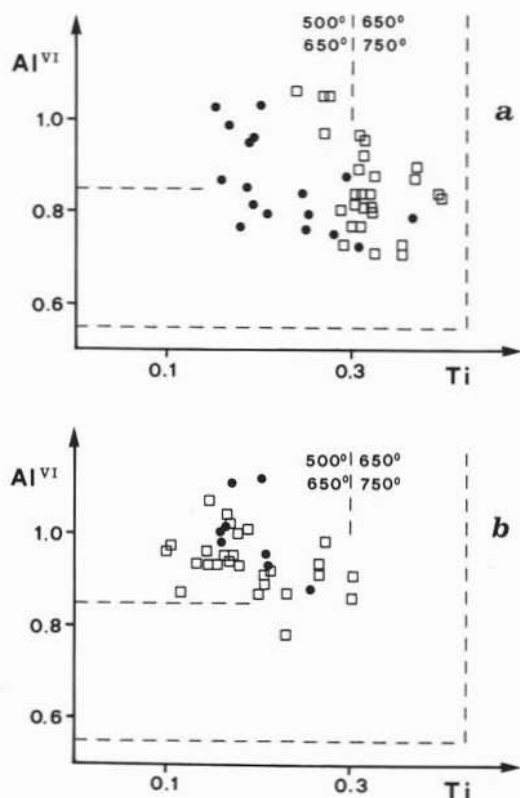


Fig. 6. — Relazioni Ti vs Al^{VI} . Le temperature sono riportate da SCHREURS (1985). a = biotiti di Capo Rasocolmo; b = biotiti di Pizzo Chiarino. Punti = biotiti postcinematiche; quadrati = biotiti sincinematiche. — Ti vs Al^{VI} relationships. Temperatures are from SCHREURS (1985). Capo Rasocolmo (a) and Pizzo Chiarino (b) biotites. Postkinematic (dots) and synkinematic (squares) biotites.

boliti che sono leggermente più ricchi di grossularia ($\leq 11.12\%$) a causa del più alto contenuto di CaO della roccia totale.

La diversità tra i granati delle due aree studiate è messa in evidenza dal diagramma $(Ca + Mn)$ rispetto a $(Fe + Mg)$ (Fig. 7); sono più ricchi in $Fe + Mg$ i granati del campione blastico di Capo Rasocolmo e quelli dei campioni granoxenoblastici di Pizzo Chiarino. Poiché viene comunemente ritenuto che l'incremento di $(Fe + Mg)$ coincida con un aumento del grado metamorfico (NANDI, 1967; SUK, 1983; DEER et al., 1982), si potrebbe ipotizzare che le temperature del metamorfismo postcinematico a Capo Rasocolmo siano state più alte di quelle corrispondenti di Pizzo Chiari-

no; analogamente si potrebbe ipotizzare che l'evento sincinematico a Pizzo Chiarino si sia verificato sotto temperature più alte rispetto a quello postcinematico.

I granati di ambedue le aree sono scarsamente zonati: le modeste zonature osservate sono di tipo inverso (HOLLISTER, 1966) cioè con nuclei tendenzialmente più ricchi di magnesio e bordi più ricchi di manganese e talvolta anche ferro. Queste zonature indicano una crescita del granato a temperature decrescenti (ATHERTON, 1968; TRACY et al., 1976).

Il confronto con i granati delle metapeliti erciniche di Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986) mostra una sostanziale analogia per quanto riguarda sia la composizione che i caratteri della zonatura.

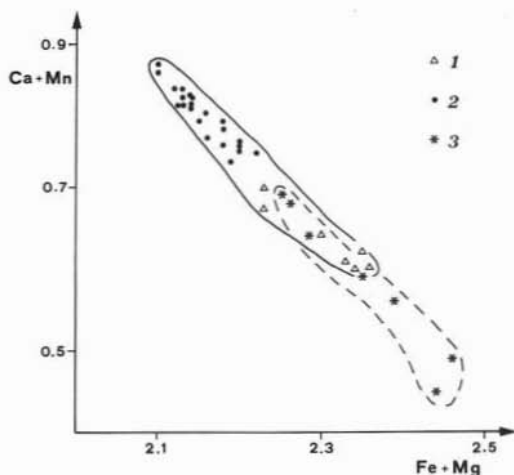


Fig. 7. — Diagramma $(Fe + Mg)$ - $(Ca + Mn)$ per i granati. 1 = granati sincinematici di Pizzo Chiarino; 2 = granati postcinematici di Pizzo Chiarino; 3 = granati postcinematici di Capo Rasocolmo. — $(Fe + Mg)$ vs $(Ca + Mn)$ diagram for garnets. Pizzo Chiarino synkinematic (1) and postkinematic (2) garnets; Capo Rasocolmo postkinematic garnets (3).

Altri Minerali

In Tabella 8 sono riportate alcune analisi di sillimanite e di ilmenite di Pizzo Chiarino.

La sillimanite è in sottili aghi di cristallizzazione sincinematica; a causa di tali dimensioni si sono potute effettuare analisi alla microsonda solo nel campione 787. Le analisi del-

TABELLA 7
Analisi alla Microsonda — Microprobe Analyses

G R A N A T I							
Pizzo Chiarino				Capo Rasocolmo			
Camp.	787-26	751-3	804-8	815-6n	815-8b	431-3n	431-5b
SiO ₂	37.76	37.64	38.05	37.40	37.36	36.99	36.97
Al ₂ O ₃	21.74	21.88	22.10	21.50	21.91	22.32	22.36
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.04	0.00
Fe ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.38
FeO	28.32	31.82	28.95	28.15	28.54	28.76	28.15
MnO	8.75	7.52	6.39	10.25	10.38	6.76	8.40
MgO	2.79	1.59	2.60	2.05	1.87	3.95	3.29
CaO	0.97	1.52	3.80	1.33	1.13	1.31	1.35
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01
Σ	100.35	101.98	101.89	100.71	101.23	100.67	100.91
Formula calcolata sulla base di 12 Ossigeni							
Si	3.030	2.999	2.994	3.008	2.993	2.936	2.939
Al ^{iv}	0.000	0.001	0.006	0.000	0.007	0.064	0.061
Σ	3.030	3.000	3.000	3.008	3.000	3.000	3.000
Al ^{vi}	2.056	2.053	2.044	2.038	2.061	2.023	2.035
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.002	0.000
Fe ³⁺	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.023
Cr	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Σ	2.057	2.054	2.044	2.040	2.063	2.057	2.059
Fe ²⁺	1.900	2.120	1.905	1.893	1.912	1.909	1.871
Mn	0.595	0.507	0.426	0.698	0.704	0.454	0.566
Mg	0.334	0.189	0.305	0.246	0.223	0.467	0.390
Ca	0.083	0.130	0.320	0.115	0.097	0.111	0.115
Σ	2.912	2.946	2.956	2.952	2.936	2.941	2.942
Uv	0.06	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03
An	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.58	1.16
Py	11.46	6.41	10.32	8.33	7.60	15.90	13.26
Sp	20.42	17.23	14.41	23.66	23.98	15.47	19.24
Gr	2.80	4.37	10.84	3.82	3.30	2.14	2.72
Al	65.26	71.96	64.44	64.14	65.11	64.84	63.58
Sch	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00

n= nucleo; b= bordo.

TABELLA 8
Analisi alla Microsonda — Microprobe Analyses

Sillimanite				Ilmenite				
Camp.	787-18	787-20		405-15	787-15	769-11	804-3	815-1
SiO ₂	38.94	38.32	TiO ₂	53.68	55.01	53.02	53.02	54.21
Al ₂ O ₃	61.13	62.86	FeO	43.38	41.95	40.36	44.95	43.44
Fe ₂ O ₃ *	0.19	0.11	MnO	3.78	3.32	5.66	1.80	3.15
Σ	100.26	101.29	Σ	100.84	100.28	99.04	99.77	100.80
Base O = 5			Base O = 3					
Si	1.046	1.020	Ti	1.009	1.044	1.011	1.006	1.014
Al	1.936	1.972	Fe	0.906	0.885	0.856	0.949	0.903
Fe ³⁺	0.004	0.002	Mn	0.080	0.071	0.121	0.038	0.066
Σ	2.986	2.994	Σ	1.995	2.000	1.988	1.993	1.983

* = Ferro totale calcolato come trivalente

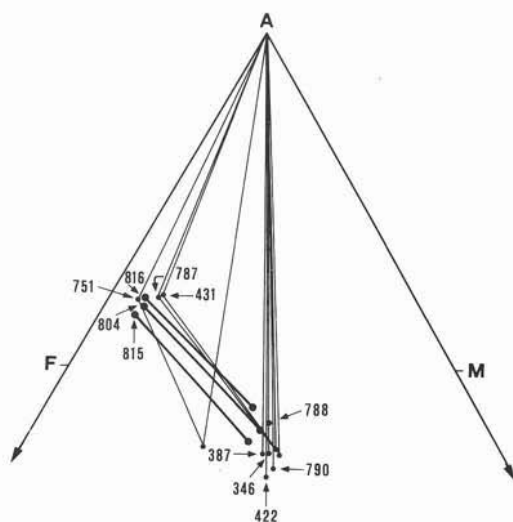


Fig. 8. — Proiezioni AFM (THOMPSON, 1957). — AFM diagram (THOMPSON, 1957).

la sillimanite mostrano modeste quantità di Fe_2O_3 (0.11-0.19%).

L'ilmenite a Pizzo Chiarino presenta elevate quantità di Mn (nei litotipi granoxenoblastici 0.066-0.113 u.f.; in quelli bastici e fletbitici 0.036-0.130 u.f.). L'elevato rapporto

Mn/Fe quindi dovrebbe essere indicativo di alte temperature (GUIDOTTI, 1974).

Distribuzione di elementi tra fasi coesistenti

In Figura 8 sono riportate le proiezioni AFM (THOMPSON, 1957) di minerali coesistenti collegati tra loro (polo di proiezione Ms). Per i granati sono state eseguite le correzioni relative alla quantità dei componenti grossularia e spessartina (THOMPSON, 1957). Sono state proiettate solo le analisi di granati non zonati e, per i singoli campioni, sono state riportate soltanto analisi di granuli a diretto contatto, presupponendo, in tal modo, condizioni di equilibrio. Per il confronto delle coppie di minerali sono stati selezionati i campioni con composizioni globali non molto differenti. Le associazioni mineralogiche riscontrate sono: a) biotite + granato + sillimanite; b) biotite + granato; c) biotite + sillimanite. A tali associazioni sono da aggiungere quarzo + plagioclasio + muscovite (Tab. 1).

Dalla Figura 8 si può notare l'intersezione di alcune congiungenti le coppie granato-biotite: i campioni più evoluti di Pizzo Chiarino (804, 815, 816) mostrano linee di con-

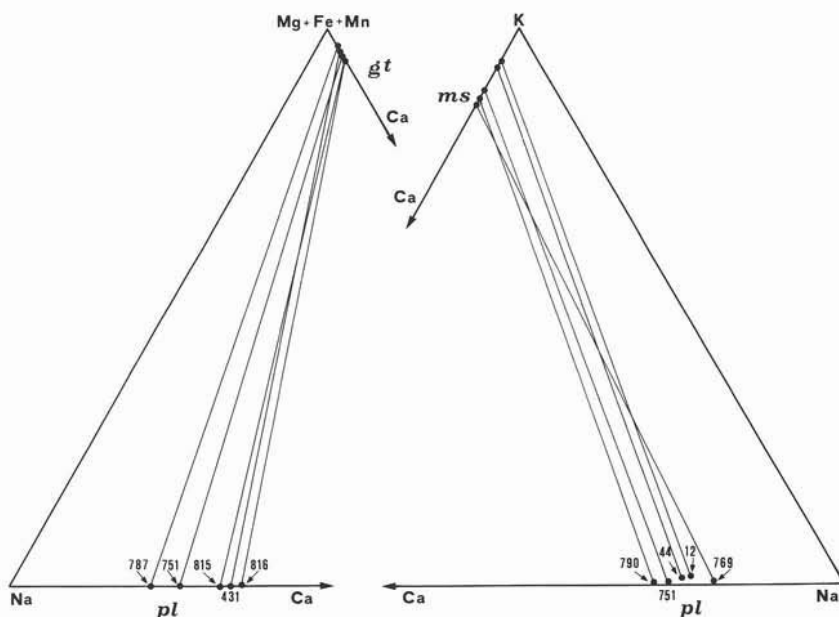


Fig. 9. — Diagramma $(\text{Mg} + \text{Fe} + \text{Mn})/\text{Na}/\text{Ca}$ e $\text{K}/\text{Na}/\text{Ca}$ che correlano le composizioni di granati-plagioclasti e muscoviti-plagioclasti rispettivamente. — $(\text{Mg} + \text{Fe} + \text{Mn})/\text{Na}/\text{Ca}$ and $\text{K}/\text{Ca}/\text{Na}$ diagrams that show garnet-plagioclase and muscovite-plagioclase relationships.

TABELLA 9

Stime P-T sulle coppie granato-biotite — Garnet-biotite P-T estimates

Camp.	Minerali	T °C			P (Kb)	
		A	B	C	D	E
431	grt nucleolo/bt	626	622	624	613	3.2
	interno/bt	595	589	580	586	2.7
	bordo/bt	588	579	567	580	2.7
	nucleolo/bt	674	686	710	658	4.7
	interno/bt	648	662	678	634	4.2
	bordo/bt	615	622	624	605	3.7
	omogeneo/bt	568	575	562	572	3.2
	x nucleolo/bt	650	654	667	636	4.0
	x bordo/bt	602	601	596	593	3.2
804	grt omogeneo/bt	539	544	523	566	3.2
	" /bt	506	518	490	526	2.6
	" /bt	507	518	491	527	2.9
815	grt nucleolo/bt	546	552	534	538	3.0
	interno/bt	544	549	529	536	3.2
	bordo/bt	516	527	502	505	2.1
	nucleolo/bt	537	545	525	530	2.7
	bordo/bt	526	536	513	518	2.5
	nucleolo/bt	525	529	504	521	4.3
	bordo/bt	522	531	507	518	3.7
	omogeneo/bt	517	503	472	478	3.3
	grt omogeneo/bt	504	494	461	459	2.6
	" /bt	530	517	490	489	3.3
816	" /bt	540	542	521	512	3.6
	" /bt	513	516	488	485	2.5
	nucleolo/bt	537	538	516	521	3.5
	bordo/bt	528	534	511	508	3.3
	nucleolo/bt	541	534	511	513	3.4
	bordo/bt	528	524	497	498	3.4
	x nucleolo/bt	537	540	518	525	3.4
	x bordo/bt	524	530	506	509	3.0
	x omog./bt	520	519	492	505	3.0
751	grt omogeneo/bt	498	552	533	452	3.9
	" /bt	484	534	510	454	3.8
	" /bt	482	536	513	450	3.2
	" /bt	525	598	593	513	3.8
787	grt " /bt	562	550	530	531	3.3
	x omog./bt	510	554	536	480	3.6

A = Temperature estimate secondo Goldman & Albee (1977);

B = Temperature estimate secondo Thompson (1976);

C = Temperature estimate secondo Ferry & Spear (1978) a P = 3 Kb;

D = Temperature estimate secondo Indares & Martignole (1985) a

P = 3 Kb;

E = Pressioni stimate secondo Ghent et al. (1979) usando le

temperature secondo Thompson (1976).

Termometria

Una valutazione qualitativa delle condizioni termiche delle rocce studiate può essere fatta tenendo conto del contenuto in Ti delle biotiti che viene comunemente correlato con il grado metamorfico (GUIDOTTI, 1984; SCHREURS, 1985). Utilizzando la suddivisione delle biotiti in funzione del contenuto di Ti e Al^{VI} proposto da SCHREURS (1985, Fig. 5) le biotiti di Capo Rasocolmo cadono prevalentemente nell'area corrispondente a T tra 650° e 750°C. Le biotiti di Pizzo Chiarino invece cadono prevalentemente nel campo relativo a T tra 500° e 650°C e quindi sembrano essersi sviluppate a temperature metamorfiche inferiori rispetto a quelle di Capo Rasocolmo. Non esistono, inoltre, differenze significative tra le biotiti sincinematiche e quelle postcinematiche di Pizzo Chiarino (Fig. 6).

In Tabella 9 sono riportate le temperature

calcolate secondo THOMPSON (1976), GOLDMAN & ALBEE (1977), FERRY & SPEAR (1978) e INDARES & MARTIGNOLE (1985). Si può notare una buona corrispondenza tra le prime tre serie di valori sebbene il contenuto di (Ca + Mn) del granato e (Al + Ti) della biotite talora inficia l'utilizzo del geotermometro di FERRY & SPEAR (1978). Secondo le indicazioni di INDARES & MARTIGNOLE (1985), che comportano correzioni relative al contenuto in Al^{VI} e Ti della biotite ed in Ca e Mn dei granati, si ottengono temperature del tutto simili a quelle ottenute con gli altri metodi. Fa eccezione il campione 751 la cui biotite si discosta da quelle degli altri campioni (Fig. 5, Tab. 6): sia con il metodo proposto da INDARES & MARTIGNOLE (1985) che con quello proposto da GOLDMANN & ALBEE (1977) le bio-

titi forniscono valori di T più bassi. I valori di T di questo campione probabilmente sono sottostimati a causa della riequilibratura del sistema durante il raffreddamento, problema fortemente amplificato, secondo HODGES & SPEAR (1982) nella calibrazione di GOLDMAN & ALBEE (1977).

Poiché talora i granati sono zonati, sono stati riportati anche i dati relativi al nucleo e a porzioni intermedie (TRACY et al., 1976): si può notare che le temperature stimate diminuiscono dal nucleo verso il bordo confermando che le zonature inverse si sono generate in un sistema a temperatura decrescente.

TABELLA 10

Temperatura (in °C) calcolata su due feldspati coesistenti — Two feldspar Thermometry

Camp.	43	44	44-1	422
T °C (W. & S.)*	553	640	625	495
T °C (HHHR)**	438	589	568	358

* = Whitney & Stormer (1977);

** = Haselton et al. (1983).

Per l'area di Capo Rasocolmo si ricavano temperature che variano da 650° a 600°C circa durante l'evento postcinematico. Le temperature relative all'area di Pizzo Chiarino risultano inferiori: l'evento postcinematico dovrebbe essersi realizzato sotto temperature variabili da 540° a 500°C circa; l'evento sincinemico a Pizzo Chiarino dovrebbe essersi verificato in condizioni di 550°C circa.

La temperatura dell'evento sincinemico verificatosi nell'area di Capo Rasocolmo può essere calcolata utilizzando la ripartizione del sodio nella coppia K-feldspato-plagioclasio (WHITNEY & STORMER, 1977; HASELTON et al., 1983). I risultati ottenuti (Tab. 10) rivelano una temperatura massima di 640°C con il geotermometro di WHITNEY & STORMER (1977). Si ritengono più attendibili le temperature massime calcolate, perché con tale geotermometro le temperature tendono ad essere sottostimate a causa degli smistamenti di albite nei feldspati, che si formano in fasi tar-

dive di riequilibratura del sistema. Si può supporre quindi che l'evento sincinemico, sia a Capo Rasocolmo che a Pizzo Chiarino, si sia verificato a termalità più alta rispetto a quella dell'evento postcinematico.

Dal momento che non esistono differenze tra le temperature calcolate per l'evento sincinemico e quelle calcolate per i nuclei dei granati zonati dei paragneiss blastici e flebitici e poiché entro i granati non si sono riscontrati salti composizionali, si può ipotizzare che la temperatura di cristallizzazione sia diminuita gradualmente, senza soluzione di continuità, dalla fase sincinemica a quella postcinematica.

Barometria

Le condizioni bariche del metamorfismo possono essere calcolate utilizzando il coefficiente di ripartizione del calcio per la coppia granato-plagioclasio (GHENT et al., 1979).

Dai dati riportati in Tabella 9 si ricava per Capo Rasocolmo un regime barico durante l'evento postcinematico decrescente da 4 a 3.2 Kb.

A Pizzo Chiarino per l'evento postcinematico sono state stimate pressioni variabili da 3.4 a 3.0 Kb circa, mentre per l'evento sincinemico è stata stimata una pressione di 3.6 Kb.

La pressione relativa all'evento sincinemico dell'area di Capo Rasocolmo può essere valutata considerando il contenuto in fengite della muscovite coesistente con il K-feldspato (MASSONNE & SCHREYER, 1987): si ottengono valori di circa 3.5 Kb (Si u.f. = 3.05).

Quindi per quanto riguarda la valutazione della pressione si può supporre che a Pizzo Chiarino l'evento postcinematico sia caratterizzato da pressioni più basse di quello sincinemico; lo stesso non si potrebbe dire, con i dati riportati sopra, per i due eventi blastici a Capo Rasocolmo, giacché le stime di P relative all'evento sincinemico sono incerte perché la temperatura stimata è alta e il contenuto in fengite della muscovite è talmente basso che ci si trova al limite di applicabilità del metodo (MASSONNE & SCHREYER, 1987).

Conclusioni

Lo studio dei minerali delle due aree campione dei Monti Peloritani (Sicilia) ha consentito di definire le condizioni P-T del metamorfismo.

Tutti i minerali si sono formati a temperature medio-alte e basse pressioni.

Dei due eventi di cristallizzazione, quello sincinemático appare caratterizzato da condizioni P-T superiori rispetto a quelle della cristallizzazione postcinematica. Le valutazioni termobariche, in accordo con le zonature dei granati, indicano infatti che il metamorfismo si è sviluppato in un regime di temperatura decrescente. A Pizzo Chiarino l'evento sincinemático si è verificato a $T \approx 550^\circ\text{C}$ e $P \approx 3.6$ Kb, mentre per quello postcinematico sono state stimate temperature di $550^\circ\text{--}500^\circ\text{C}$ e di $P = 3.4\text{--}3.0$ Kb; a Capo Rasocolmo l'evento sincinemático presenta $T \approx 640^\circ\text{C}$ e $P \approx 3.5$ Kb e quello postcinematico $T = 650^\circ\text{--}600^\circ\text{C}$ con $P = 4.0\text{--}3.2$ Kb. A Capo Rasocolmo la scarsa quantità o l'assenza della muscovite in campioni blastici e flebitici attesta che si sono raggiunte le condizioni termiche di destabilizzazione dell'associazione $\text{Ms} + \text{Qtz}$.

Una differenza di 100°C di temperatura tra le due aree esaminate, con pressioni dello stesso ordine di grandezza, può essere spiegata pensando ad una zoneografia del metamorfismo in una situazione con discordanza angolare tra superfici isoterme e isobare, considerando l'area di Capo Rasocolmo come corrispondente ad un duomo termico, in corrispondenza del quale si formavano magmi leucogranodioritici risaliti nei paragneiss qui studiati.

Il confronto con le metamorfite erciniche di Delianuova (IOPPOLO & PUGLISI, 1986) ha rivelato notevoli analogie per quanto riguarda le composizioni delle singole fasi mineralogiche, la zonatura dei granati e le condizioni P-T. In particolare le condizioni P-T dell'evento postcinematico a Delianuova ($T = 650^\circ\text{--}550^\circ\text{C}$ e $P = 3.7\text{--}3.0$ Kb) sono perfettamente analoghe alle condizioni P-T riscontrate a Capo Rasocolmo. D'altra parte anche a Delianuova affiorano leucogranodioriti intruse entro i terreni metamorfici. Tali analogie confermano ulteriormente che le rocce

affioranti a Delianuova appartengono alla medesima unità tettonica (unità dell'Aspromonte) cui fanno parte le metamorfite dei Peloritani nord-orientali.

Lavoro eseguito con il contributo del M.P.I.

Ringraziamenti. — Gli autori ringraziano il prof. C. Garbarino per il valido aiuto durante l'esecuzione delle analisi alla microsonda ed i signori E. Giuffrida e D. La Rocca per l'aiuto nell'esecuzione delle analisi chimiche di roccia totale.

BIBLIOGRAFIA

- ATHERTON M.P. (1968) - *The variation in Garnet, Biotite and Chlorite composition in medium grade pelitic rocks from the Dalradian, Scotland, with particular reference to the zonation in garnet.* Contr. Min. Petr. 18, pp. 347-371.
- ATZORI P., CUTULI S., LO GIUDICE A. (1984a) - *Le anfiboliti di Monte Antennamare (Catena Peloritana, Sicilia).* Min. Petr. Acta, 28, pp. 1-31.
- ATZORI P., D'AMICO C., PEZZINO A. (1974) - *Relazione geo-petrografica preliminare sul cristallino della catena peloritana (Sicilia).* Riv. Mineraria Siciliana, 25, pp. 1-8.
- ATZORI P., FERLA P., PAGLIONICO A., PICCARRETA G., ROTTURA A. (1984b) - *Remnants of the Hercynian orogen along the «Calabrian-Peloritan arc», southern Italy: a review.* J. Geol. Soc. 141, pp. 137-145.
- ATZORI P., IOPPOLO S., MACCARRONE E., PEZZINO A., PUGLISI G. (1976a) - *I paragneiss e micascisti della Catena Peloritana.* Rend. SIMP, 32, pp. 472-496.
- ATZORI P., IOPPOLO S., PEZZINO A., PUGLISI G., LO GIUDICE A. (1976b) - *Indagine statistica sulla variabilità chimico-strutturale dei paragneiss Peloritani.* Boll. Soc. Geol. It., 95, pp. 1063-1075.
- ATZORI P., LO GIUDICE A. (1982) - *Gli gneiss occhiadini del Messinese: caratterizzazione geopetrografica e petrochimica.* Per. Min. 51, pp. 15-34.
- ATZORI P., LO GIUDICE A., PEZZINO A. (1984c) - *Le masse chiare dei Monti Peloritani (Sicilia) I: apliti e pegmatiti di Forte Cavalli - Serra Gallari (Messina).* Min. Petr. Acta, 28, pp. 155-171.
- BOUILLIN J.P., BAUDELOT S., MAJESTÈ-MENJOUAS C. (1984) - *Mise en évidence du Cambro-Ordovicien en Calabre Centrale (Italie). Affinités paléogéographiques et conséquences structurales.* C.R. Acad. Sc. Paris, t. 298, Série II, n. 3, pp. 89-92.
- D'AMICO C., GURRIERI S., MACCARRONE E. (1972) - *Le metamorfite di Milazzo (Messina).* Per. Min., 41, pp. 35-151.
- DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMANN J. (1982) - *Rock forming minerals.* Vol. IA, Orthosilicates. LONGMANS LONDON.
- DEL MORO A., MACCARRONE E., PARDINI G., ROTTURA A. (1982-83) - *Studio radiometrico Rb/Sr di granitoidi peraluminosi dell'Arco Calabro-Peloritano.* Rend. SIMP, 38 (3), pp. 1015-1026.

- FERLA P., LORENZONI E., ZANETTIN LORENZONI E. (1982-83) - *Geological constitution and evolution of the Calabro-Peloritan Hercynian range*. Rend. SIMP, 38 (3), pp. 951-962.
- FERRY J.M., SPEAR F.S. (1978) - *Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet*. Contr. Min. Petr., 66, pp. 113-117.
- FOSTER M.D. (1960) - *Interpretation of the composition of trioctahedral micas*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 354 b, pp. 11-46.
- GHEENT E.D., ROBBINS D.B., STOUT M.Z. (1979) - *Geothermometry, geobarometry, and fluid compositions of metamorphosed calc-silicates and pelites, Mica Creek, British Columbia*. Am. Min., 64, pp. 874-885.
- GOLDMAN D.S., ALBEE A.L. (1977) - *Correlation of Mg/Fe partitioning between garnet and biotite with $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ partitioning between quartz and magnetite*. Am. J. Sci., 277, pp. 750-767.
- GUIDOTTI C.V. (1973) - *Compositional variation of muscovite as a function of metamorphic grade and assemblage in metapelites from N.W. Maine*. Contr. Min. Petr., 42, pp. 33-42.
- GUIDOTTI C.V. (1974) - *Transition from staurolite to sillimanite zone, Rangeley Quadrangle, Maine*. Geol. Soc. Am. Bull., 85, pp. 475-490.
- GUIDOTTI C.V. (1984) - *Micas in metamorphic rocks*. In: Bailey S.W. Ed., *Micas: Reviews in Mineralogy*, Vol. 13, pp. 357-467, Min. Soc. America, Blacksburg, Virginia.
- GUIDOTTI C.V., SASSI F.P. (1976) - *Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists*. N. Jb. Miner. Abh., 127 (2), pp. 97-142.
- HASELTON H.T. JR., HOVIS J.L., HEMINGWAY B.S., ROBBIE R.A. (1983) - *Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in analbite-sanidine solid solutions: lack of evidence for Na, K short range order and implications for two feldspar thermometry*. Am. Min., 68, pp. 398-413.
- HODGES K.V., SPEAR F.S. (1982) - *Geothermometry, geobarometry and the Al_2SiO_5 triple point at Mt. Moosilauke, New Hampshire*. Am. Min., 67, pp. 1118-1134.
- HOLLISTER L.S. (1966) - *Garnet zoning: an interpretation based on the Rayleigh fractionation model*. Science, 154, pp. 1647-1651.
- INDARES A., MARTIGNOLE J. (1985) - *Biotite-garnet geothermometry in the granulite facies: the influence of Ti and Al in biotite*. Am. Min., 70, pp. 272-278.
- IOPPOLO S., PUGLISI G. (1986-1987) - *Studio petrologico delle metapeliti erciniche di Delianuova (Aspromonte Calabria Meridionale)*. Min. Petr. Acta, 30, pp. 61-84.
- LO GIUDICE A., ATZORI P., PEZZINO A. (1985) - *Genesi delle masse chiare peloritane ed implicazioni sulle rocce paragneissiche*. Min. Petr. Acta, 29, pp. 93-117.
- MACCARRONE E., MESSINA A., PUGLISI G., ROTTURA A. (1978) - *I paragneiss e leucosomi di Capo Rasocolmo (Peloritani Nord-orientali)*. Boll. Soc. Geol. It., 97, pp. 401-415.
- MACCARRONE E., PUGLISI G., RUSSO S. (1975) - *Paragneiss di Pizzo Chiarino (Dorsale peloritana, Messina)*. Rend. SIMP, 31, pp. 3-39.
- MAJESTÉ-MENJOUAS C., BOUILLIN J.P., CYGAN C. (1984) - *La série de Bivongi, type de succession paléozoïque (Ordovicien à Carbonifère) de Calabre méridionale*. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 299, Série II, n. 6, pp. 249-252.
- MASSONNE H.J., SCHREYER W. (1987) - *Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz*. Contr. Min. Petr., 96, pp. 212-224.
- NANDI K. (1967) - *Garnets as judges of progressive regional metamorphism*. Min. Mag., 36, pp. 89-93.
- OGNIBEN L. (1960) - *Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia nord-orientale*. Riv. Min. Sicil., 11 (64-65), pp. 183-212.
- PUGLISI G., ROTTURA A. (1973) - *Le leucogranodioriti muscovitiche della zona di Capo Rasocolmo (Messina)*. Per. Min., 42, pp. 207-256.
- RICKWOOD P.C. (1968) - *On recasting analyses of garnet into end-member molecules*. Contr. Min. Petr., 18, pp. 175-198.
- ROTTURA A. (1985) - *The tonalitic gneisses from Palmi-Bagnara, Calabrian Arc (Southern Italy): geochemistry, their protoliths, and tectono-metamorphic evolution*. N. Jb. Miner. Abh., 152 (2), pp. 187-210.
- SCHENK V. (1980) - *U-Pb and Rb-Sr radiometric dates and their correlation with metamorphic events in the granulite-facies basement of the Serre, Southern Calabria (Italy)*. Contr. Min. Petr., 73, pp. 23-38.
- SCHENK V. (1984) - *Petrology of felsic granulites, metapelites, metabasics, ultramafics, and metacarbonates from Southern Calabria (Italy): Prograde metamorphism, uplift and cooling of a former lower crust*. J. Petr., 25, part. I, pp. 255-298.
- SCRHEURS J. (1985) - *Prograde metamorphism of metapelites, garnet-biotite thermometry and prograde changes of biotite chemistry in high-grade rocks of west Unsimaa, southwest Finland*. Lithos, 18, pp. 69-80.
- SUK M. (1983) - *Petrology of metamorphic rocks*. Elsevier Amsterdam, Oxford, New York.
- THOMPSON J.B. (1957) - *The graphical analysis of mineral assemblages in pelitic schists*. Am. Min., 42, pp. 842-858.
- THOMPSON A.B. (1976) - *Mineral reactions in pelitic rocks: II Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations*. Am. J. Sci., 276, pp. 425-454.
- TRACY R.J., ROBINSON P., THOMPSON A.B. (1976) - *Garnet composition and zoning in the determination of temperature and pressure of metamorphism, Central Massachusetts*. Am. Min., 61, pp. 762-775.
- WHITNEY J.A., STORMER J.C. JR. (1977) - *Two-feldspar geothermometry, geobarometry, in Mesozonal granitic intrusions: three examples from the Piedmont of Georgia*. Contr. Min. Petr., 63, pp. 51-64.