

ROSANGELA BOCCHIO *

FERROPARGASITE ALLUMINIFERA
IN UN'ECLOGITE DI GORDUNO
(SVIZZERA) **

RIASSUNTO. — In una lente di eclogite al bordo della peridotite di Gorduno (Bellinzona, Svizzera) è stata riscontrata la presenza di un anfibolo calcico particolarmente ricco in alluminio (20 % Al_2O_3). L'anfibolo studiato fa parte, assieme con granato, onfacite, rutilo e cianite, della paragenesi primaria dell'eclogite e in base all'analisi chimica risulta vicino a una ferropargasite. I suoi alti valori di Al^{IV} (> 1) e Al^{VI} (> 2) accompagnati ad un basso tenore di silice rendono impossibile una vera correlazione con i termini puri della serie pargasite-tschermakite, ma permettono di definirlo una *ferropargasite alluminifera* e di avvicinarlo all'ipotetica pargasite alluminifera postulata da alcuni autori (BUNCH e OKRUSCH, 1973; KEMP e LEAKE, 1975). Nello stesso campione di eclogite è presente anche un anfibolo di seconda generazione, di composizione pargasitica, che si discosta da quello primario soprattutto nel minore tenore di alluminio e risulta avere un valore inferiore in Al^{VI} . Poichè la cristallizzazione di anfiboli calcici con un alto contenuto di alluminio in coordinazione ottaedrica è favorita da alte pressioni, l'elevato valore in Al^{VI} determinato nella ferropargasite primaria testimonia per l'eclogite di Gorduno una formazione in condizioni metamorfiche di alto grado (facies delle anfiboliti). Viceversa la diminuzione del contenuto di Al^{VI} riscontrata nell'anfibolo secondario può essere correlata ad un rilascio di pressione ed è quindi probabile che la cristallizzazione di questo secondo anfibolo sia avvenuta durante la fase di minor pressione e temperatura responsabile del processo retrogrado di anfibolitizzazione (facies delle anfiboliti epidiotiche) che ha interessato le eclogiti della zona di Gorduno.

ABSTRACT. — An Al-rich calciferous amphibole containing 20 wt% Al_2O_3 was found in a eclogitic lense at the border of the peridotitic mass of Gorduno (Bellinzona, Switzerland). The amphibole belongs to the primary assemblage of the eclogite together with garnet, omphacite, rutilo and kyanite and its chemistry approaches that of ferroanpargasite. However, too high values of Al^{IV} (> 1) and Al^{VI} (> 2) make it impossible a correlation with the pargasite and tschermakite end-members thus it should be named *aluminio ferroanpargasite* similar to the hypothetical Al-pargasite suggested by BUNCH and OKRUSCH (1973) and KEMP and LEAKE (1975). Being the crystallization of Al-rich calciferous amphiboles favoured by high pressure, the occurrence of aluminous ferroanpargasite in the Gorduno eclogite confirms that this rocks formed under high pressure and temperature conditions (amphibolite facies). The secondary amphibole of the same eclogite is a *pargasite* containing a lower Al^{VI} than the primary amphibole. Since the decreasing of Al^{VI} in amphiboles may be related to a decreasing pressure, the crystallization of the secondary amphibole took place during the lower pressure and temperature phase of the retrogressive metamorphism suffered by all the eclogites of the zone around Gorduno.

* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università degli Studi di Milano, via Bottecchelli 23, 20133 Milano. ** Lavoro eseguito nell'ambito dei programmi del « Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali » del C.N.R.

Introduzione

Il contenuto in $Al^{[IV]}$ negli anfiboli calcici e subcalcici è un importante fattore per definire le condizioni ambientali durante la cristallizzazione poichè è funzione del gradiente di pressione, pur dipendendo considerevolmente dalla composizione globale della roccia (LEAKE, 1968, 1971; KEMP e LEAKE, 1975; KOSTYUK e SOBOLEV 1969; BUNCH e OKRUSCH, 1973). In particolare, secondo Leake (1971), la cristallizzazione di anfiboli calcici con un elevato contenuto in $Al^{[IV]}$ avverrebbe ad alte pressioni in un ambiente alluminifero relativamente povero di alcali e sarebbe estremamente favorita da una paragenesi a granato+cianite.

La presenza in natura di questi anfiboli è tuttavia assai scarsa, tanto che i termini puri delle due serie tschermakite-ferrotschermakite e pargasite-hastingsite sono praticamente sconosciuti.

In un'eclogite (70-AM-10), proveniente da una lente a quota 1480 m a NW dell'Alpe Arrami, al bordo della peridotite granatifera di Gorduno presso Bellinzona nel Canton Ticino (Svizzera) di cui sono già state date le caratteristiche petrografiche e petrochimiche essenziali (BOCCHIO, 1975), è stata riscontrata la presenza di un anfibolo calcico eccezionalmente ricco in alluminio (20% Al_2O_3). Tale anfibolo, benchè componente subordinato, fa parte assieme a granato, onfacite, rutilo e cianite, della paragenesi primaria dell'eclogite. Macroscopicamente esso presenta un'intensa colorazione verde scuro mentre in sezione sottile appare sotto forma di individui prismatici idiomorfi con debole pleocroismo da verde giallo a verde pallido disposti secondo un'orientazione prevalente a contatto dei larghi cristalli di granato o inglobati in una massa di fondo costituita da quarzo e simplectite. Sulla base dell'analisi chimica l'anfibolo 70-AM-10 risulta abbastanza vicino ad un termine ferropargasitico e in particolare l'elevato valore in $Al^{[IV]}$ (> 2), dovuto all'alta percentuale di Al_2O_3 combinata con il basso tenore di SiO_2 , lo rende facilmente avvicinabile all'ipotetica pargasite alluminifera postulata da alcuni autori (BUNCH e OKRUSCH, 1973; KEMP e LEAKE, 1975).

Proprietà chimiche

L'analisi chimica dell'anfibolo 70-AM-10 è stata eseguita mediante microsonda elettronica (analista W.L. Griffin) ed è riportata nella tabella 1 unitamente a tutte le sue proprietà ottiche e roentgenografiche determinate con i procedimenti che verranno specificati successivamente. Nella tabella 2 vengono invece confrontate le analisi di anfiboli particolarmente ricchi in alluminio noti dalla letteratura: le pargasiti alluminifere (HA-1/2 e AA-5) di Bunch e Okrusch (1973), riscontrate in marmi a calcite, corindone e flogopite del Pakistan; le due tschermakiti alluminifere CH e P41 (KEMP e LEAKE, 1975) provenienti rispettivamente da uno scisto anfibolico granatifero a staurolite, cianite, biotite di Frodalera (Svizzera) e da una orneblen-

TABELLA 1

Analisi chimica, formula strutturale e proprietà ottiche e roentgenografiche della ferropargasite alluminifera di Gorduno

SiO ₂	39.6	Si	5.787	} Z=8.000	n _a = 1.657±0.002 n _y = 1.667±0.002
		Al ^{IV}	2.213		
Al ₂ O ₃	20.0	Al ^{VI}	1.230	} Y=5.257	2V _y (°) = 64±3
TiO ₂	0.32	Ti	0.035		Z ^c (°) = 20±2
FeO*	10.6	Fe ²⁺	1.295	} X=2.806	a ₀ = 9.845 (4)
MnO	0.17	Mn	0.018		b ₀ = 17.987 (7)
MgO	12.3	Mg	2.679		c ₀ = 5.303 (2)
CaO	10.0	Ca	1.563		β (°) = 105.11 (.03)
Na ₂ O	3.8	Na	1.071		V(\bar{R}^3) = 906.6 (1.2)
K ₂ O	0.92	K	0.172		
		O	23.000		
	97.71	Ecat.	16.063		* Ferro totale determinato come FeO

dite particolarmente ricca in corindone e clorite (Pakistan) e l'analisi dell'unico anfibolo alluminifero proveniente da rocce eclogitiche finora noto in letteratura, contenente il 18,52 % Al₂O₃ (SAHLSTEIN, 1935). Tale anfibolo, di composizione tendenzialmente tschermakitica (KEMP e LEAKE, 1975), proviene da una eclogite inclusa in rocce gneissiche (Hurry Inlet, Groenlandia orientale) ed essendo derivato da una reazione retrograda tra granato e clinopirosseno, è contenuto quale prodotto secondario nella corona cheliftica del granato. Nella tabella 2 viene inoltre riportata l'analisi dell'anfibolo di origine secondaria presente nello stesso campione 70-AM-10 (analisi eseguita in microsonda da W.L. Griffin). L'anfibolo retrogrado ha una colorazione bruno scura mentre in sezione sottile presenta un pleocroismo da verde brillante a verde chiaro; esso è cristallizzato in forma di minuti individui allotriomorfi nelle fratture interne dei granati o è disposto a corona attorno a questi ultimi a contatto con l'alterazione simplectitica che orla l'onfacite.

In base alla formula strutturale e ai criteri di Leake (1968) l'anfibolo retrogrado dell'eclogite 70-AM-10 è stato classificato come *pargasite*.

Come risulta dalla tabella 1 l'analisi dell'anfibolo primario 70-AM-10 manca dell'acqua poichè non è stato possibile separarne manualmente una quantità sufficiente per una determinazione ponderale. A conferma della validità dell'analisi eseguita in microsonda l'acqua è stata calcolata sottraendo da 100 il valore di 97,71 che rappresenta la somma dei nove ossidi determinati e quindi si è calcolato la formula strutturale dell'anfibolo sulla base di 24 O. Tale formula risulta rispettare tutti e otto i criteri proposti da Leake (1968, pag. 29 e segg.) per considerare superiori le analisi di anfiboli.

TABELLA 2

Analisi chimica e formula strutturale dell'anfibolo retrogrado dell'eclogite di Gorduno e di anfiboli calcici alluminiferi noti dalla letteratura

	A	B	C	D	E	F
SiO ₂	42.4	41.06	40.7	41.1	43.24	44.77
TiO ₂	0.85	0.24	2.54	1.53	0.51	0.39
Al ₂ O ₃	15.5	18.52	20.2	22.6	18.06	17.16
Fe ₂ O ₃	-	4.67	-	-	1.81	1.23
FeO	8.5*	7.81	0.58*	0.05*	11.20	5.26
MnO	0.07	0.25	-	-	0.05	0.13
MgO	14.8	15.31	17.2	16.1	10.30	16.10
CaO	10.5	9.92	13.1	13.3	10.10	10.38
Na ₂ O	3.8	1.24	2.44	2.00	1.55	1.50
K ₂ O	0.86	0.34	0.95	0.91	0.49	0.37
P ₂ O ₅	-	-	-	-	0.04	0.06
H ₂ O ⁺	n.d.	0.46	1.11	1.5	2.72	2.80
Σ	97.28	99.82	98.82	99.09	100.07	100.15

Formula strutturale calcolata sulla base di 23 O

Si	6.167	5.821	5.704	5.719	6.275	6.310
Al ^{IV}	1.833	2.179	2.296	2.281	1.725	1.690
Al ^{VI}	0.824	0.923	1.040	1.431	1.362	1.156
Ti	0.092	0.026	0.270	0.159	0.052	0.042
Fe ³⁺	-	0.494	-	-	0.192	0.135
Fe ²⁺	1.031	0.929	0.067	0.008	1.361	0.618
Mn	0.009	0.034	-	-	0.009	0.017
Mg	3.208	3.238	3.597	3.336	2.224	3.380
Ca	1.636	1.509	1.971	1.982	1.570	1.567
Na	1.066	0.341	0.658	0.535	0.436	0.407
K	0.157	0.068	0.169	0.167	0.087	0.068
Σ cat.	16.023	15.562	15.772	15.618	15.293	15.390

Spiegazione dei simboli: A) Pargasite retrograda dell'eclogite di Gorduno (70-AM-10); B) Tschermakite alluminifera 5A, Hurry Inlet (Groenlandia) (SAHLSTEIN, 1935); C) Pargasite alluminifera HA-1/2, Pakistan (BUNCH e OKRUSCH, 1973); D) Pargasite alluminifera AA-5, Pakistan (BUNCH e OKRUSCH, 1973); E) Tschermakite alluminifera CH, Frodaler (Svizzera) (KEMP e LEAKE, 1975); F) Tschermakite alluminifera P41, Timurgara, Dir (Pakistan) (KEMP e LEAKE, 1975). (*) Ferro totale determinato come FeO; n.d. = non determinato.

Ciò nonostante, per restare strettamente aderenti ai dati di fatto, si è preferito nel resto del lavoro ricalcolare la formula strutturale come anidra cioè sulla base di 23 O e perciò sono state ricalcolate così anche tutte le analisi citate nella tabella 2.

Dall'esame della formula strutturale il campione analizzato risulta essere un anfibolo calcico (Ca > 1,50) e, seguendo la nomenclatura di Leake (1968, fig. 2) rispetto ai valori di Si = 5,787, Ca + Na + K = 2,806, Ti = 0,035 e mg = 0,67,

rientra nel campo delle *ferropargasiti*. L'elevato contenuto in alluminio rende tuttavia impossibile una vera correlazione con i due termini puri della serie pargasite-tschermakite. Dalle figure 1 e 2 si deduce infatti che, mentre le due tschermakiti di Kemp e Leake (1975) e l'anfibolo retrogrado dell'eclogite 70-AM-10 avendo un valore in $Al^{[iv]} < 2$ rientrano nei campi di variabilità definiti da Deer et al. (1963, figg. 71-72) per anfiboli calcici della serie pargasite-tschermakite, la ferropargasite dell'Alpe Arrami, le due pargasiti di Bunch e Okrusch (1973) e la tschermakite di Sahlstein (1935) risultano nettamente al di fuori del campo considerato. Un'ulteriore

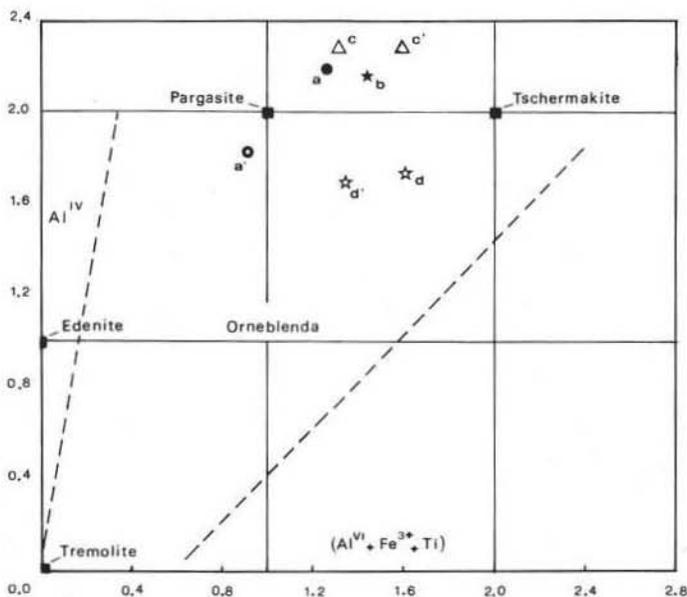


Fig. 1. — Variazione chimica degli anfiboli calcici alluminiferi espressa mediante il numero di atomi di $(Al^{[iv]} + Fe^{3+} + Ti)$ contro $Al^{[iv]}$ per unità formula (DEER et al., 1963, fig. 71).

Spiegazione dei simboli: a) ferropargasite alluminifera 70-AM-10 dell'eclogite di Gorduno: a') pargasite retrograda dell'eclogite di Gorduno 70-AM-10; b) tschermakite alluminifera 5A, Hurry Inlet (Groenlandia) (SAHLSTEIN, 1935); c) pargasite alluminifera HA-1/2, Pakistan (BUNCH e OKRUSCH, 1973); c') pargasite alluminifera AA-5, Pakistan (BUNCH e OKRUSCH, 1973); d) tschermakite alluminifera CH, Frodaler (Svizzera) (KEMP e LEAKE, 1975); d') tschermakite alluminifera P41, Timurgara, Dir (Pakistan) (KEMP e LEAKE, 1975).

conferma della peculiarità di questi anfiboli viene data dal diagramma $Al^{[iv]}/Al^{[vi]}$ della fig. 3 dove viene meglio evidenziato come l'elevato valore in $Al^{[iv]}$ sia ovvia conseguenza di una carenza nel contenuto di silice. La linea diagonale riportata nella figura è quella calcolata statisticamente da Leake (1965, 1971) ed esprime il contenuto massimo possibile in $Al^{[iv]}$ negli anfiboli calcici. Tutti gli anfiboli esaminati presentano un valore in $Al^{[iv]}$ inferiore a quello teorico massimo di $Al^{[iv]} = 1,40$ per $Si_6Al_2^{[iv]}$ (LEAKE, 1971; KEMP e LEAKE, 1975), ma mentre le due tschermakiti di Kemp e Leake (1975) e la pargasite retrograda dell'Alpe Arrami hanno un tenore in $Al^{[iv]} < 2$ che permette una possibile correlazione con la retta

di Leake, l'anfibolo primario 70-AM-10, al pari delle pargasiti di Bunch e Okrusch (1973), si avvicina all'ipotetica pargasite alluminifera proposta dai due autori per estrapolazione teorica della stessa retta e può quindi essere definita più appropriatamente *ferropargasite alluminifera* (LEAKE, 1968, pag. 6).

L'anfibolo retrogrado analizzato da Sahlstein (1935) sembra invece occupare una posizione intermedia tra i due gruppi citati in quanto, pur presentando $Al^{[IV]} < 1$ e benchè sia senza alcun dubbio un termine tschermakitico (fig. 2), è molto lontano dall'ipotetica tschermakite alluminifera, per altro mai riscontrata in natura. Dalla fig. 2 risulta invece che i due anfiboli dell'eclogite dell'Alpe Arrami hanno un contenuto in alcali molto simile e sono gli unici termini che, avendo $Na + K > 1$,

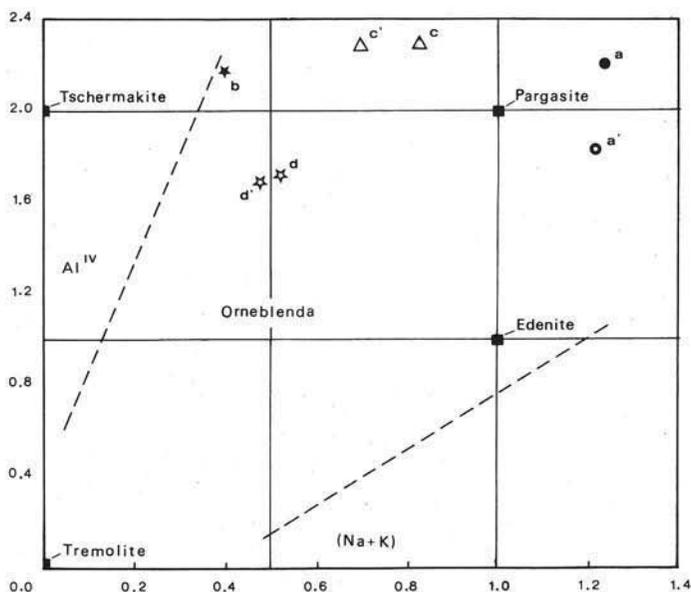


Fig. 2. — Variazione chimica degli anfiboli calcici alluminiferi espressa mediante il numero di atomi di $(Na + K)$ contro $Al^{[IV]}$ per unità formula (DEER et al., 1963, fig. 72). Simboli come in figura 1.

hanno i siti «A» completamente occupati. Ciò comporta ovviamente una somma totale dei cationi più elevata degli altri anfiboli ($\Sigma cat. \approx 16$) e può forse confermare un'ipotesi enunciata da Kostyuk e Sobolev (1969) i quali, fissando una correlazione positiva tra $Al^{[IV]}$ e gli alcali, suggeriscono che la sostituzione di $Al^{[IV]}$ alla silice è una conseguenza della occupazione dei siti vacanti da parte di $(Na + K)$.

Sia l'anfibolo primario sia quello retrogrado presentano inoltre un rapporto $Na + K / Na + K + Ca$ molto simile (0,44 e 0,43 rispettivamente), notevolmente più elevato del valore medio di 0,25 dei cinque anfiboli alluminiferi di confronto. Poichè l'aumento di tale rapporto è stato messo in relazione al progressivo aumento di temperatura e pressione (BARD, 1970), l'alto valore ottenuto per i due anfiboli 70-AM-10 testimonia condizioni di T e P piuttosto elevate durante la cristallizzazione.

L'elevato grado metamorfico che ha interessato la cristallizzazione dei due anfiboli viene del resto confermato dal diagramma Al^{IV}/Al^{VI} della fig. 4 che definisce l'intervallo di variabilità della pressione e della temperatura degli anfiboli calcici e alcalini provenienti da rocce eclogitiche (MOTTANA e EDGAR, 1969). I due anfiboli 70-AM-10 e quello dell'eclogite di Hurry Inlet (SAHLSTEIN, 1935) appartengono al campo delle orneblende e poichè il passaggio da anfiboli alcalini ad anfiboli calcici comporta il passaggio da condizioni di alta pressione e bassa temperatura tipiche della facies a scisti a glaucofane (6-8 kb, 200-300° C) a quelle di medio-alta pressione e temperatura delle facies anfiboliti-granuliti (MOTTANA e EDGAR, 1969),

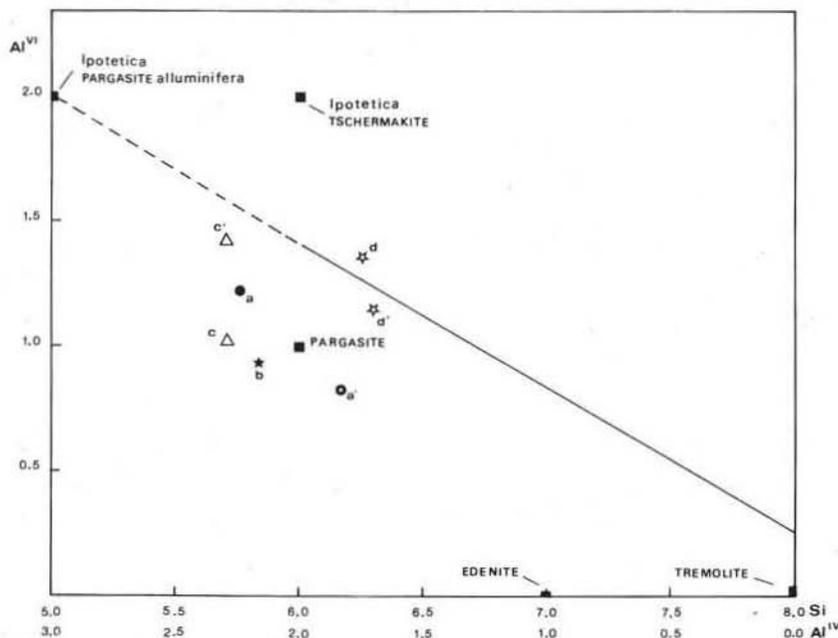


Fig. 3. — Diagramma Al^{IV}/Al^{VI} . La linea diagonale a tratto continuo indica il massimo contenuto possibile in Al^{VI} (LEAKE, 1965). L'extrapolazione di tale retta conduce all'ipotetica pargasite alluminifera (BUNCH e OKRUSCH, 1973). Simboli come in figura 1.

ciò comporta che anche per l'eclogite 70-AM-10 si può postulare una formazione in condizioni metamorfiche di alto grado, come già è stato fatto dagli stessi autori per l'eclogite di Sahlstein (1935).

Considerando tuttavia che l'anfibolo secondario si discosta da quello primario soprattutto nel minore contenuto in Al_2O_3 e di conseguenza presenta un valore inferiore in Al^{VI} , poichè la diminuzione di quest'ultimo è correlata ad una diminuzione di pressione (LEAKE, 1965, 1971; RAASE, 1974), è probabile che la sua cristallizzazione sia avvenuta durante la fase di minor pressione e temperatura responsabile del processo retrogrado di anfibolitizzazione che ha interessato tutte le eclogiti della zona attorno a Gorduno (Bocchio, 1975; Bocchio, in prep.).

Al pari dell'alluminio, anche un elevato contenuto di titanio nelle orneblende viene indicato come indice di un metamorfismo di alto grado (BARD, 1970), particolarmente favorito da un aumento di temperatura (ENGEL e ENGEL, 1962; BARD, 1970; RAASE, 1974).

Ciò non si verifica tuttavia per gli anfiboli esaminati, tranne forse per le due pargasiti di Bunch e Okrusch (1973) che presentano un contenuto in TiO_2 un poco più elevato delle altre.

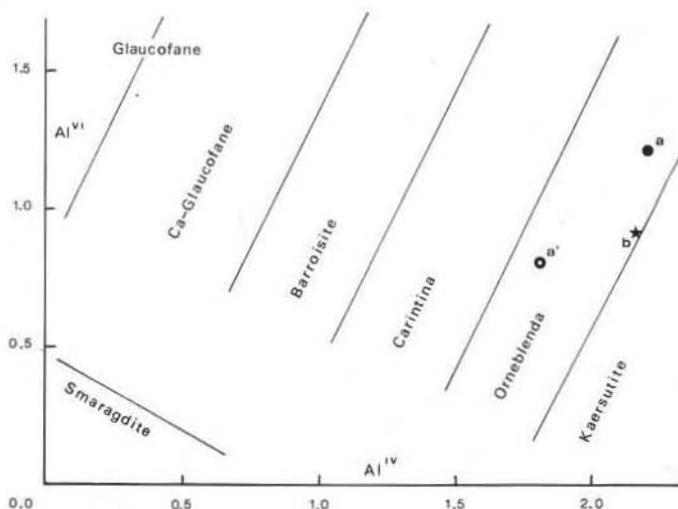


Fig. 4. — Diagramma Al^{IV}/Al^{VI} per anfiboli calcici e alcalini provenienti da rocce eclogitiche con formula strutturale calcolata sulla base di 23 O (MOTTANA e EDGAR, 1969). Simboli come in fig. 1.

Proprietà ottiche e roentgenografiche

Nella tabella 1 sono riportate le proprietà ottiche e roentgenografiche dell'anfibolo primario 70-AM-10.

Gli indici di rifrazione n_x e n_y determinati per riduzione grafica degli indici n_1 e n_2 misurati al microscopio normale (formule di PARKER, 1961), rientrano nei campi di variabilità dei valori proposti da Deer et al. (1963, figg. 77-78) e da Tröger (1971) per anfiboli della serie pargasite-tschermakite e si accordano bene anche con i due valori $n_x = 1,658$ e $n_y = 1,674$ determinati nell'anfibolo dell'eclogite di Hurry Inlet (Sahlstein, 1935).

Il valore $2V_y = 64^\circ$, ottenuto per l'angolo assiale ottico mediante determinazioni dirette al tavolino universale su numerosi granuli della sezione sottile esaminata con la microsonda, è confrontabile con i valori noti dalla letteratura per altri anfiboli pargasitici e tschermakitici, ma risulta superiore ai risultati ottenuti da Bunch e Okrusch (1973) su due pargasiti alluminifere. L'anfibolo 70-AM-10 presenta d'altra

parte un rapporto Mg/Fe (Niggli: $mg = Mg/Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn + Mg = 0,67$) più basso rispetto a quello dei due anfiboli citati (HA-1/2: $mg = 0,98$, $2V_{\gamma} = 54^{\circ}$; AA-5: $mg = 1,00$, $2V_{\gamma} = 51-53^{\circ}$) e della pargasite con il più piccolo angolo assiale ottico ($2V_{\gamma} = 56^{\circ}$, $mg = 0,86$) riscontrata da Serdiuchenko (1964) in una roccia carbonatica a diopside, flogopite, spinello della Yakutia meridionale (U.S.S.R.) (cit. LEAKE, 1968, analisi 538). Tutto ciò conferma l'ipotesi, espressa da Tröger (1971, fig. 186-2) e ripresa da Bunch e Okrusch (1973), che fissa una correlazione negativa tra l'angolo $2V_{\gamma}$ e il rapporto Mg/Fe.

La tabella 1 riporta anche i risultati delle indagini roentgenografiche, eseguite al diffrattometro Philips con radiazione Cu/Ni con quarzo come standard interno (analista G. Liborio).

TABELLA 3

Costanti cristallografiche dei due anfiboli dell'eclogite di Gorduno

	Gr. Spaz.	a_0	b_0	c_0	$V(A^3)$	$\beta(^{\circ})$
Ferropargasite alluminifera	C 2/m	9.844	17.981	5.294	904.7	105.1
Pargasite	C 2/m	9.836	17.956	5.289	902.3	105.0

Il diffrattogramma ottenuto è stato indicizzato con i dati di Borg e Smith (1969) per l'orneblenda e i parametri della cella elementare sono stati ricavati mediante elaborazione elettronica, usando il programma LCRF di Mueller et al. (1960), basato sul metodo dei minimi quadrati, considerando 19 picchi di indice univoco.

I valori dei parametri della cella monoclinica ottenuta corrispondono a quelli degli anfiboli calcici (Deer et al., 1963) e si accordano perfettamente con i risultati ottenuti da Bunch e Okrusch (1973) per la pargasite alluminifera HA-1/2, ma si è ritenuto opportuno confermarli e affinarli mediante lo studio su cristallo singolo, in quanto nella popolazione esaminata potevano coesistere anfiboli dei due tipi, cioè quello primario e quello secondario che macroscopicamente presentano caratteri affini a causa della loro colorazione molto intensa.

Le determinazioni su cristalli singoli sono state eseguite su due cristalli di anfibolo, colorati rispettivamente in verde e in bruno, mediante un diffrattometro automatico Philips con radiazione al $MoK\alpha$ (analista L. Ungaretti).

Entrambi gli anfiboli hanno il gruppo spaziale C 2/m e presentano costanti reticolari abbastanza simili (tabella 3) e in particolare, per uno di essi (quello verde) praticamente identiche a quelle ottenute ricalcolando lo spettro di polvere.

Poichè in base alla determinazione strutturale completa (L. UNGARETTI, com. pers.) la composizione ricalcolabile per il granulo di colore bruno risulta simile a

quella dell'anfibolo secondario, quello verde dovrebbe rappresentare l'anfibolo primario. Senonchè da risultati preliminari sembra che la composizione, ricalcolata anche per quest'ultimo su basi strutturali, non raggiunga l'elevato tenore in alluminio determinato nell'anfibolo primario mediante l'analisi in microsonda, ma risulti soltanto più ricca in ferro di quella dell'anfibolo retrogrado. È probabile che ulteriori studi strutturali possano chiarire meglio il problema (L. UNGARETTI, in esecuzione).

Conclusioni

La presenza in una roccia eclogitica di un anfibolo calcico ricco in alluminio è un'ulteriore conferma che la cristallizzazione di anfiboli alluminiferi è favorita da alte pressioni. In particolare l'elevato valore in Al_2O_3 determinato nell'anfibolo primario presente in un'eclogite di Gorduno, ha permesso di attribuire a tale roccia una formazione in condizioni metamorfiche di alta pressione e temperatura (facies delle anfiboliti). A questa fase metamorfica di alto grado ha fatto seguito una fase di minor pressione e temperatura che ha portato alla cristallizzazione di un secondo anfibolo calcico notevolmente più povero in alluminio e alla graduale simplectitizzazione dell'onfacite (BOCCHIO, in prep.).

Le diversità riscontrate nella composizione chimica dei due anfiboli analizzati sembrano non avere inciso molto sulle loro costanti cristallografiche, tuttavia, poichè la coesistenza e le affinità macroscopiche rendono ardua l'identificazione e la separazione delle due fasi, si ritiene che il loro studio possa venire completato solo da più approfondite indagini strutturali.

Ringraziamenti. — Il presente lavoro rientra nei programmi del « Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali » del CNR. Il prof. A. MOTTANA e il dott. G. LIBORIO hanno seguito costantemente lo svolgimento del lavoro e corretto il manoscritto nelle varie fasi di preparazione; i dott. W. L. GRIFFIN e L. UNGARETTI hanno messo a disposizione i dati analitici chimici e roentgenografici. A tutti vada il mio più sincero ringraziamento.

BIBLIOGRAFIA

- BARD J. P. (1970) - *Composition of hornblendes formed during the Hercynian progressive metamorphism of the Aracena metamorphic belt (SW Spain)*. Contr. Mineral. Petr., 28, 117-134.
- BOCCHIO R. (1975) - *Le eclogiti retrometamorfiche di Gorduno (Canton Ticino, Svizzera)*. Per. Min., 44, 2, 245-256.
- BORG I. Y., SMITH D. K. (1969) - *Calculated X-ray powder patterns for the silicate minerals*. Geol. Soc. Amer. Memoir 122.
- BUNCH T. E., OKRUSCH M. (1973) - *Al-rich pargasite*. Amer. Mineral., 58, 721-726.
- DEER W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J. (1963) - *Rock-forming Minerals*. Vol. 2, Chain Silicates, Longman, 379 pp.

- ENGEL A. E. J., ENGEL C. G. (1962) - *Hornblendes formed during progressive metamorphism of amphibolites, northwest Adirondack Mountains, New York*. Bull. Geol. Soc. Amer., 73, 1499-1514.
- KEMP A. J., LEAKE B. E. (1975) - *Two hydrous-rich aluminous hornblendes*. Mineral. Mag., 40, 308-311.
- KOSTYUK E. A., SOBOLEV V. S. (1969) - *Paragenetic types of calciferous amphiboles of metamorphic rocks*. Lithos, 2, 67-82.
- LEAKE B. E. (1965) - *The relationship between tetrahedral aluminium and the maximum possible octahedral aluminium in natural calciferous and subcalciferous amphiboles*. Amer. Mineral., 50, 843-851.
- LEAKE B. E. (1968) - *A catalog of analyzed calciferous and subcalciferous amphiboles together with the nomenclature and associated minerals*. Geol. Soc. Amer. Spec. pap. 98, 210 p.
- LEAKE B. E. (1971) - *On aluminous and edenitic hornblendes*. Mineral. Mag., 38, 389-407.
- MOTTANA A., EDGAR A. D. (1969) - *The significance of amphibole compositions in the genesis of eclogites*. Lithos, 3, 37-49.
- MUELLER M. H., HEATON L. L., MILLER K. T. (1960) - *A program for crystal lattice constant determinations*. Acta Cryst., 13, 828-829 (revised by J. Gvildis, 1964).
- PARKER R. B. (1961) - *Rapid determination of the approximate composition of amphiboles and pyroxenes*. Amer. Mineral., 46, 892-900.
- RAASE P. (1974) - *Al e Ti contents of hornblende, indicators of pressure and temperature of regional metamorphism*. Contr. Mineral. Petrol., 45, 231-236.
- SAHLSTEIN TH. G. (1935) - *Petrographie der Eklogit-einschlüsse in den Gneisen des südwestlichen Liverpool-Landes in Ost-Grönland*. Medd.om Grönland, 95, 5-43.
- TRÖGER W. E. (1971) - *Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*. Teil 1, Bestimmungstabellen 4. Aufl. Stuttgart (Schweizerbart).