

I GRANATI DELLE ECLOGITI COMPRESSE
NELLA « FORMAZIONE DEI MICASCISTI ECLOGITICI »
DELLA ZONA SESIA-LANZO

Riassunto. — Sono stati studiati 3 granati provenienti dalle eclogiti prealpine incluse nella « formazione dei micascisti eclogitici » della zona Sesia-Lanzo (Piemonte).

Le proprietà chimiche e fisico-cristallografiche di tali granati sono le seguenti:

G 1 - Granato di un'eclogite a glaucofane ed epidoto (Lago Muerone, Oropa-Biella)

Alm 52.51%, Gro 24.10, Pyp 17.22, Andr 5.05, Sp 1.02, Uv 0.10
 $n = 1.785 \pm 0.002$ $a_0 = 11.624 \text{ \AA} \pm 0.002$

G 2 - Granato di un'eclogite epidotica (Lago Muerone, Oropa-Biella)

Alm 52.45%, Gro 31.96, Pyp 9.63, Andr 4.71, Sp 1.18, Uv 0.10
 $n = 1.789 \pm 0.002$ $a_0 = 11.649 \text{ \AA} \pm 0.002$

G 3 - Granato di un'eclogite glaucofanica ad epidoto (Navetta, Valle dell'Oreo)

Alm 55.45%, Gro 23.77, Pyp 12.93, Andr 5.35, Sp 2.40, Uv 0.10
 $n = 1.789 \pm 0.002$ $a_0 = 11.6240 \text{ \AA} \pm 0.0005$

L'accordo fra i valori di n ed a_0 misurati e quelli calcolati secondo SKINNER è soddisfacente.

Tutti i granati analizzati sono caratterizzati da un elevato contenuto di ugrandite in miscela con la piralspite.

In base alla loro composizione, i granati studiati cadono molto bene nel campo dei granati delle eclogiti associate agli scisti glaucofanici (eclogiti ofiolitiche) delineato nei diagrammi triangolari di COLEMAN et al. e di SMULIKOWSKI. Tale risultato è in ottimo accordo con la situazione geologica delle eclogiti studiate e con la composizione del pirosseno, che corrisponde a quella di un'omfacite.

Vengono riportati i caratteri petrografici essenziali delle eclogiti contenenti i granati analizzati. Il chimismo di tali rocce corrisponde a quello di gabbri normali; altre eclogiti della stessa zona manifestano una composizione corrispondente a quella di magmi essexitici.

Summary. — Three garnets from the prealpine eclogite rocks enclosed in the so called « formation of eclogite micaschists » (Sesia-Lanzo zone, Piemonte, Italy) have been investigated.

The chemical and physical properties of the investigated garnets are as follows:

G 1 - Garnet from a glaucophane-epidote eclogite (Mucrone lake, Oropa-Biella)

Alm 52.51%, Gro 24.10, Pyp 17.22, Andr 5.05, Sp 1.02, Uv 0.10
 $n = 1.785 \pm 0.002$ $a_0 = 11.624 \text{ \AA} \pm 0.002$

G 2 - Garnet from an epidote eclogite (Mucrone lake, Oropa-Biella)

Alm 52.45%, Gro 31.96, Pyp 9.63, Andr 4.71, Sp 1.18, Uv 0.10
 $n = 1.789 \pm 0.002$ $a_0 = 11.649 \text{ \AA} \pm 0.002$

G 3 - Garnet from a glaucophane-epidote eclogite (Navetta, Orco Valley)

Alm 55.45%, Gro 23.77, Pyp 12.93, Andr 5.35, Sp 2.40, Uv 0.10
 $n = 1.789 \pm 0.002$ $a_0 = 11.6240 \text{ \AA} \pm 0.0005$

The n and a_0 values obtained by direct measurement and the calculated values according to SKINNER agree well.

All the analysed garnets display an high content of ugrandite moles in the pyrralspites.

According to the observed compositions, the garnets fit well into the field of garnets from eclogites within glaucophane schists (ophiolitic eclogites) in the triangular diagrams of COLEMAN et al. and of SMULKOWSKI. These results are in perfect agreement with the mode of occurrence of the eclogites studied and with the composition of the coexisting pyroxene, which is a typical omphacite.

Petrographic descriptions are given of the eclogites containing the analysed garnets. These eclogites reveal a composition corresponding to that of normal gabbros; other eclogites from the same zone display an essexitic character.

Premessa.

Il presente lavoro s'inquadra nel ciclo di ricerche mineralogico-petrografiche e geologiche già da tempo intraprese dalla scuola di Padova, sotto la guida dei Proff. A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ, sulla zona Sesia-Val di Lanzo (Alpi Occidentali) (*).

La zona Sesia-Lanzo, interpretata attualmente come radice dei ricoprimenti penninici supericri e austroalpini inferiori (**), è costituita da un complesso gneissico comprendente, secondo NOVARESE (1943), tre formazioni principali:

(*) Il presente lavoro appartiene al ciclo delle indagini sulle formazioni cristalline della catena alpina condotte sotto gli auspici del « Centro Nazionale per lo Studio Geologico e Petrografico delle Alpi » del C.N.R.

(**) Per l'esame dettagliato della bibliografia geologica relativa a questa zona rinviamo il lettore a lavori più specializzati sull'argomento; si veda ad es. in MICHEL (1953), BIANCHI-DAL PIAZ (1958), BIANCHI-DAL PIAZ (1963), BIANCHI-DAL PIAZ-VITERBO (1965).

a) gneiss Sesia, in prevalenza ortogneiss granitico-granodioritici, localizzati soprattutto nella Valle Sesia propriamente detta;

b) formazione diorito-kinzigitica, diffusa essenzialmente nella parte nord-orientale della zona Sesia-Lanzo;

c) formazione dei « micascisti eclogitici », più estesa delle altre e assolutamente prevalente nella parte meridionale della zona Sesia-Lanzo.

La « formazione dei micascisti eclogitici » deve il suo nome alla discreta diffusione, come elementi minori, di granato ed omfacite, con associato glaucofane; essa comprende, oltre ai micascisti eclogitico-glaucofanici s.s., anche rocce di tipo vario, quali gneiss minuti, gneiss occhiadini, micascisti veri e propri, ed intercalazioni di calcari cristallini (FRANCHI, 1901, 1902; NOVARESE, 1931, 1943; MICHEL, 1953; BIANCHI-DAL PIAZ, 1963; BIANCHI-DAL PIAZ-VITERBO, 1965).

La « formazione dei micascisti eclogitici » contiene spesso noduli, lenti e talora masse abbastanza cospicue di rocce costituite essenzialmente da granato, omfacite e glaucofane, da soli o associati fra loro. Da tali associazioni possono derivare rocce di aspetto e composizione eclogitica, particolarmente diffuse in certe località (ad es. nella zona del Muerone presso Oropa; sopra Pont St. Martin, presso lo sbocco della Valle del Lys in Val d'Aosta), nonchè rocce eclogitico-glaucofaniche, passanti talora a vere e proprie glaucofaniti, ben visibili ad es. nella bassa Valle dell'Orco, fra Sparone e Cuorgnè (MICHEL, 1953; BIANCHI-DAL PIAZ, 1958, 1963; BIANCHI-DAL PIAZ-VITERBO, 1965).

Sulle rocce eclogitico-glaucofaniche della zona Sesia-Lanzo uno degli scriventi (C. VITERBO) ha iniziato, da sola e in collaborazione, una serie di ricerche a carattere mineralogico e petrografico, di cui questa nota rappresenta il primo contributo. Sono in corso di attuazione gli studi sui pirosseni, sugli anfiboli e sulle niche di queste stesse rocce.

Per quanto riguarda *l'età prealpina dell'impronta metamorfica essenziale delle rocce eclogitiche da noi prese in considerazione, ed il loro carattere polimetamorfico*, rinviemo il lettore all'esauriente lavoro di A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ (1963) sugli inclusi di « micascisti eclogitici » della zona Sesia dentro alla formazione porfiriteica permiana della zona del Canavese fra Biella ed Oropa.

**Caratteri petrografici e petrochimici essenziali
delle rocce eclogitiche contenenti i granati studiati.**

Camp. 1 - *Eclogite a glaucofane ed epidoto, fra la stazione superiore della funivia ed il lago del Mucrone (Oropa-Biella).*

Aspetto macroscopico: bella roccia a tessitura massiccia, con grosse chiazze verdi e rosse, ricche rispettivamente di pirosseno e granato. Gli individui di quest'ultimo minerale manifestano spesso al nucleo toni rosso-bruni più intensi che non nelle parti periferiche.

Caratteri microscopici: Struttura omeogranoblastica a grana medio grossa, costituita dall'associazione di omfacite e granato, con subordinato anfibolo sodico. L'aggregato fondamentale è interessato da un fitto intreccio di fratture riempite da prodotti tardivi (clorite, albite a geminazione polisintetica, epidoto). In chiazze sparse irregolarmente si distinguono, anche per le loro grosse dimensioni, belle lamine di una mica bianca. Tra i costituenti minori si trovano titanite, rutilo (spesso con bordi di titanite) e, come accessori, apatite, quarzo, calcite, minerali opachi e minerali radioattivi (Tav. I, fig. 1).

L'*omfacite* ($c : \gamma = 41^\circ-42^\circ$; $2V_\gamma = 70^\circ-71^\circ$; $n_\beta = 1.679 \pm 0.003$) si trova in cristalli incolori e ben conservati, con solo lievi tracce di incipiente uralizzazione (accompagnata da segregazione di calcite). Frequentemente i cristalli appaiono deformati.

Il *granato* si trova in subidioblasti (4-5 mm circa) per lo più fratturati; le fratture sono risanate da clorite, albite, e, più di rado, epidoto. In sezioni sottili non si avverte alcuna differenza di colore fra la parte centrale e quella periferica dei cristalli; in sezioni spesse si riscontra, talora, una appena percettibile differenza di tonalità fra un nucleo di forma assai irregolare e la periferia degli individui. Nei cristalli sono frequenti ed abbondanti le inclusioni sotto forma di prodotti di trasformazione (chiazzerette e granuli di clorite ed epidoto), oppure sotto forma di minuscoli aciculi di rutilo. Non mancano tuttavia anche granuli di rutilo e di titanite ben sviluppati. I cristalli completamente limpidi sono rari; è più facile invece trovare porzioni degli stessi privi o poveri di inclusioni, specialmente localizzate alla periferia.

Gli *anfibioli* sono distintamente zonati: al nucleo si trova un *glaucofane* ($c : \gamma = 5^\circ-6^\circ$; $2V_\alpha = 51^\circ$) con distinto pleocroismo violetto per β , seppure con tonalità variabile un po' a chiazza; alla periferia prevale un *anfibolo verde-azzurro* ($2V_\alpha = 66^\circ$) che va sfumando verso toni decisamente più verdi all'estremo bordo.

La *clorite* si trova in aggregati lamellari di colore verde, con distinto pleocroismo. Le lamelle possiedono allungamento negativo, $2V_\gamma$ piccolo, $n_\beta = 1.620 \pm 0.003$, con birifrangenza $n_\gamma - n_\alpha \approx 0.005$. Secondo il diagramma determinativo proposto da HEY (1954) si tratta di una *ripidolite*.

La *mica* compare in nidi di lamine incolori, scarsamente o punto deformate, con $2V_\alpha \approx 38^\circ-40^\circ$ ed $n_\beta = 1.595 \pm 0.003$. Secondo il diagramma determinativo di TRÖGER (1959) si tratta di un tipo intermedio fra le muscoviti normali e le ferri-muscoviti, con caratteri di transizione verso le fengiti. Su un concentrato al 95% di mica (*) sono stati determinati gli alcali, il ferro totale ed il magnesio, con i seguenti risultati:

$K_2O = 8,0\%$ $Na_2O = 1,7\%$ Fe tot. (come Fe_2O_3) = 7,6% $MgO = 4,7\%$

Questi dati confermano il particolare carattere della mica studiata (vedasi anche VAN DER PLAS, 1959).

L'assenza o quasi di deformazioni suggerisce per questo minerale una genesi posteriore a quella dell'associazione fondamentale granato-omfacite.

L'*epidoto* si trova in piccoli nematoblasti incolori, frequentemente associati a clorite. I suoi caratteri ottici ($2V_\alpha \approx 80^\circ$; $n_\beta = 1.730 \pm 0.003$; birifrangenza media) indicano trattarsi di una *pistacite clinozoisitica*.

L'analisi chimica della roccia è offerta in Tabella I (Camp. 1). Dai dati riportati si deduce un chimismo corrispondente a quello del tipo *miharaitico dei magmi gabbroidi* della classificazione NIGGLI.

Il calcolo della variante ha dato i seguenti risultati, sulla base dei minerali osservati:

Jd	Ac	Di	Hed	Alm	Gro	Pyp	Andr	Glp	Zo	Pi	
17.6	1.8	15.5	2.7	18.7	8.4	6.0	1.8	10.0	7.6	0.8	
37.6 Pirosseno				34.9 Granato				8.4 Epidoto			
Fe-At	Fe-Ant	Ant	Ms	Tit	Ru	Ab	Q	Cp	Hm		
1.3	0.8	0.4	1.9	1.2	1.0	1.0	0.7	0.5	0.3		
2.5 Clorite											

Camp. 2 - **Eclogite epidotica**, tra la stazione superiore della funivia ed il lago del Mucrone (Oropa-Biella).

Aspetto macroscopico: La roccia possiede una tessitura grossolanamente listata con bande irregolari e noduli allungati grigio-biancastri di epidoto intercalati, talora a fiamma, in una massa tenace a chiazze verdi (pirosseno) e rosse (granato).

(*) Come impurezze si trovano clorite, epidoto, pirosseno ed un po' di rutilo.

Caratteri microscopici: Alcuni grossi individui pirossenici ed alcune lamine ben sviluppate di mica bianca conferiscono alla roccia un certo carattere porfiroblastico. L'aggregato fondamentale, di tipo granonematoblastico a grana media minuta, è costituito ora da fasce irregolari essenzialmente pirossenico-granatifere, ora da bande e lenti a prevalente epidoto. Come costituenti accessori troviamo titanite, rutilo, quarzo, mica bianca ($2V_\alpha = 35^\circ-36^\circ$; $n_\beta = 1.594 \pm 0.003$), scarsi anfiboli di tipo glaucofanico ($2V_\alpha = 46^\circ-47^\circ$) e barroisitico, nonchè apatite, carbonati e minerali opachi.

L'*omfacite* ($c : \gamma = 42^\circ-43^\circ$; $2V_\gamma = 71^\circ-72^\circ$; $n_\beta = 1.687 \pm 0.003$) compare in aggregati granulari e, più raramente, in bei cristalli caratterizzati da una sensibile colorazione verde-azzurro chiaro. Sono talora presenti lievissime tracce di uraltizzazione. Negli individui maggiori si trovano frequenti inclusioni di quarzo, in plaghette irregolari, ed anche di piccoli individui omfacitici.

Il *granato* si trova in granuli ed in aggregati granulari di color rosa. Si nota una discreta tendenza all'idioblastesi (Tav. I, fig. 2). I cristalli più sviluppati raggiungono dimensioni di 0.5-0.6 mm. In genere i granuli sono limpidi ed assai raramente contengono inclusioni, per lo più rappresentate da epidoto, omfacite e minerali opachi.

L'*epidoto* compare in granoblasti ed in nematoblasti, distintamente zonati, con moderata birifrangenza. Le osservazioni ottiche hanno dato: per il nucleo, $2V_\alpha = 74^\circ-75^\circ$, $n_\beta = 1.730 \pm 0.003$; per la periferia $2V_\alpha = 80^\circ-81^\circ$, $n_\beta = 1.727 \pm 0.003$. In base alle curve determinative relative all'indice di rifrazione n_β (DEER, HOWIE e ZUSSMAN, 1962) si deduce per il nucleo una composizione epidotica con circa il 17% mol di componente pistacitico e per la periferia contenuti leggermente inferiori. Un carattere comune alla maggior parte dei granuli epidotici è offerta dalla presenza di minute inclusioni incolori, a forma di bastoncino, orientate con l'allungamento parallelo alle tracce di sfaldatura dei cristalli. Spesso si notano anche piccolissime inclusioni granulari di probabili ossidi di ferro.

L'analisi chimica di questa roccia (Tabella I, Camp. 2) consente di dedurre un chimismo corrispondente a quello del *tipo pirossengabbroide dei magmi gabbroidi* della classificazione NIGGLI, dal quale si scosta solo per i più bassi valori dei coefficienti *k* ed *mg*.

Dai dati analitici si è potuta calcolare la seguente variante alla norma, in base ai minerali osservati:

Jd	Ac	Di	Hed	Ts	Alm	Gro	Pyp	Andr
17.6	1.8	17.4	5.3	0.5	18.8	11.2	3.5	1.6
42.6 Pirosseno					35.1 Granato			
Zo	Pi	Q	Ru	Tit	Hm	Cp	Ms	Cc
11.2	3.2	2.3	1.3	1.0	1.3	0.8	0.7	0.4
14.4 Epidoto								

TABELLA I. - *Composizione chimica delle rocce eclogitiche contenenti i granati studiati.*

	Camp. 1 (*)	Camp. 2 (*)	Camp. 3
SiO ₂	46.26	44.28	45.77
TiO ₂	1.97	2.20	2.20
P ₂ O ₅	0.21	0.32	0.04
Al ₂ O ₃	16.67	16.25	14.45
Cr ₂ O ₃	0.03	0.02	0.01
Fe ₂ O ₃	1.97	3.56	2.57
FeO	11.44	10.30	8.62
NiO	< 0.01	< 0.01	< 0.01
MnO	0.22	0.16	0.16
MgO	5.79	3.94	9.75
CaO	10.91	15.10	9.60
Na ₂ O	3.52	2.64	2.73
K ₂ O	0.23	0.06	0.47
CO ₂	n.d.	0.35	0.71
H ₂ O+	0.50	0.86	2.97
Totale	99.72	100.04	100.05

Coefficients NIGGLI

	si	al	fm	c	alk	k	mg
Eclogite del Muerone (Camp. 1)	104	22	44	26	8	0.04	0.44
Tipo miharaitico (magmi gabbroidi)	130	23	42	27.5	7.5	0.2	0.5
Eclogite del Muerone (Camp. 2)	97	21	38	35	6	0.02	0.3
Tipo Pirossengabbroide (magmi gabbroidi)	100	23.5	40.5	31.5	4.5	0.2	0.7
Eclogite di Navetta (Camp. 3)	100	19	52	23	6	0.1	0.6
Tipo al-orneblenditico (magmi orneblenditici)	120	19	61	15	5	—	0.7
Tipo normalgabbroide (magmi gabbroidi)	108	21	51	22	6	0.2	0.5

(*) Riprese di fluorescenza ai raggi X hanno rivelato, fra l'altro, la presenza dei seguenti elementi, dei quali viene data una stima semiquantitativa: Camp. 1 - Ni 70 ppm., Zn 60 ppm.; Camp. 2 - Ni 50 ppm., Zn 60 ppm., Sr 270 ppm.

Camp. 3 - **Eclogite glaucofanica ad epidoto**, presso Navetta, versante sinistro della Valle dell'Orco.

Aspetto macroscopico: si tratta di una roccia massiccia, costellata di piccoli idioblasti granatiferi (4-5 mm), sparsi su un fondo costituito da bande o lenti irregolari di colore verde, grigio-violaceo o bianco a seconda che prevalgano il pirosseno, l'anfibolo sodico o l'epidoto. In corrispondenza delle fasce epidotiche si osserva un particolare addensamento di laminette di mica bianca. Nelle bande anfiboliche si nota un discreto grado di isorientazione degli aciculi anfibolici, disposti con l'asse maggiore parallelamente all'allungamento delle bande.

Caratteri microscopici: Struttura porfiroblastica per la presenza di subidioblasti granatiferi e pirossenici (più di rado zoisitici), distribuiti su un fondo grano-nematoblastico a dimensioni più minute, costituito essenzialmente da anfibolo ed epidoto. Sparsi qua e là, talora concentrati localmente, si notano grossi lepidoblasti micacei ed aggregati lamellari di clorite; questi ultimi appaiono spesso addensati alla periferia dei grossi granati (Tav. I, fig. 3). La maggior parte degli individui anfibolici ed una parte di quelli pirossenici mostrano una discreta, seppur grossolana, isorientazione. Tutti i costituenti essenziali della roccia appaiono interessati da deformazioni meccaniche a carattere postcristallino. Come accessori compaiono quarzo, rutilo, titanite, minerali opachi, calcite, albite ed apatite.

L'omfacite ($c : \gamma = 43^{\circ}-45^{\circ}$; $2V_{\gamma} = 70^{\circ}$; $n_{\beta} = 1.680 \pm 0.003$) si trova in individui generalmente ben sviluppati ed in ottimo stato di conservazione. Solo localmente, lungo piccole fratture riempite da epidoto, anfibolo verde, albite e calcite, si possono notare tracce di una incipiente trasformazione.

Il *granato* compare in cristalli di color rosa chiaro, ora limpidi, ora zeppi di minuseole inclusioni (soprattutto rutilo, epidoto, calcite, quarzo). E' spesso interessato da fratture, più o meno sviluppate, riempite essenzialmente da clorite ed epidoto.

Il *glaucofane* si trova in cristalli freschi, distintamente pleocroici con $\alpha =$ incolore, $\beta =$ violetto chiaro, $\gamma =$ lavanda chiaro. Per i cristalli glaucofanici si è trovato, $c : \gamma = 5^{\circ}-6^{\circ}$; $2V_{\alpha} = 47^{\circ}-48^{\circ}$; $n_{\beta} = 1.632 \pm 0.003$.

La *clorite* possiede caratteri ottici assai prossimi al tipo ripidolitico segnalato nel camp. 1, differenziandosi solo per un più basso valore dell'indice di rifrazione massimo ($n_{\gamma} = 1.612 \pm 0.003$).

La *zoisite* è in grossi individui, spesso smembrati e compenetrati a fiamma da clorite, epidoto e mica bianca. E' facilmente riconoscibile per la bassa biri-

frangenza, per il rilievo moderatamente alto e per la posizione del piano degli assi ottici che è parallelo alle tracce di sfaldatura. Il suo aspetto relitto consente di considerarla come componente della paragenesi eclogitica primaria (Tav. I, fig. 4).

L'*epidoto* e la *mica bianca* presentano gli stessi caratteri già messi in evidenza a proposito del camp. 1.

Dai risultati dell'analisi chimica riportati in Tabella I (Camp. 3) si deduce per questa roccia un chimismo che si accosta egualmente bene a quello del *tipo normalgabbroide dei magmi gabbroidi* ed a quello del *tipo al-orneblenditico dei magmi orneblenditici della classificazione NIGGLI*.

Coi dati dell'analisi chimica si è potuta calcolare la seguente variante alla norma, sulla base dei minerali osservati:

Di	Jd	Gph	Alm	Gro	Pyp	Andr	At	Fe-At	Ant	Fe-Ant
21.3	10.5	17.6	8.8	3.2	1.9	0.7	5.5	3.4	5.0	2.5
31.8 Pirosseno			14.6 Granato				16.4 Clorite (ripidolite)			
Zo	Pi	Ms	Q	Ru	Tit	Ce	Ab	Hm		
5.9	1.1	4.0	3.5	1.4	0.7	0.9	0.5	1.6		
7.0 Epidoto										

I granati delle eclogiti.

SEPARAZIONE DEI GRANATI DALLE ROCCE.

Dalle tre rocce eclogitiche descritte sono stati separati i granati che formano oggetto di studio particolare nel presente lavoro. Per comodità, indicheremo in seguito con le sigle G 1, G 2 e G 3 i granati tratti rispettivamente dai campioni di roccia n. 1, 2 e 3 descritti in precedenza.

Con la polvere ricavata dalla frantumazione delle rocce (circa 1 Kg per ciascun campione) si è proceduto ad un primo arricchimento al separatore isodinamico di Franz; il concentrato è stato quindi macinato sotto alcool e successivamente levigato in Appiani allo scopo di eliminare le frazioni molto fini: si è operato in modo da ottenere frazioni granulometriche con diametro compreso fra 0.07 e 0.04 mm. Dopo un ulteriore arricchimento per mezzo del separatore isodinamico, le polveri di granato sono state purificate per centrifugazione in soluzione di Clerici con densità 3.94 circa. I concentrati così ottenuti (circa 12 gr. per ciascun campione) contenevano ancora 2-3% circa di rutilo;

quest'ultimo è stato tuttavia eliminato quasi completamente mediante successive passate al separatore isodinamico di Franz.

I concentrati di granato sono stati infine ripetutamente lavati in acqua distillata all'ebollizione per rimuovere eventuali tracce della soluzione di Clerici.

Il grado di purezza dei concentrati utilizzati per l'analisi chimica è stato controllato mediante stime quantitative al tavolino integratore su preparati microscopici di polvere (6 preparati per ogni campione). Le impurezze ancora rimaste, e di cui riportiamo qui di seguito le percentuali volumetriche stimate, si trovano comprese come minuscole inclusioni in alcuni granuli di granato:

G 1: 0.8% di impurezze, di cui circa lo 0.20% è costituito da rutilo, il resto da epidoto e da altre minute inclusioni di natura difficilmente precisabile;

G 2: 0.3% di impurezze, di cui lo 0.15% circa è rappresentato da rutilo, ed il resto da minutissime inclusioni di natura imprecisabile;

G 3: 1% di impurezze, di cui circa 0.25% è costituito da rutilo, ed il resto da epidoto e da altre piccolissime inclusioni non meglio definibili.

COMPOSIZIONE CHIMICA DEI GRANATI.

Le analisi chimiche sono state eseguite su polvere essiccata in stufa a 105°C. Si è usato il metodo ponderale classico (J. JAKOB, 1952) per la determinazione della silice, dell'allumina, del ferro totale, del calcio e del magnesio (ciascuna analisi eseguita in doppio). Le determinazioni su questi stessi elementi sono state condotte separatamente e ripetutamente anche mediante dosaggi colorimetrici e complessometrici secondo L. SHAPIRO e W. W. BRANNOCK (1962), e J. P. RILEY (1958).

Sono stati invece determinati per via esclusivamente colorimetrica TiO_2 (ac. pertitanico), MnO (permanganato), Cr_2O_3 (cromato), NiO (dimetilgliossima, estrazione in cloroformio) (E. B. SANDELL, 1959).

Il ferro ferroso è stato dosato volumetricamente con KMnO_4 (J. JAKOB, 1952), usando polvere finemente macinata e tempi di attacco prolungati (*).

(*) Con tempi di attacco di 14-15 minuti si ottengono dei risultati perfettamente riproducibili, che non cambiano prolungando l'attacco fino a 17-18 minuti; per contro, con tempi di attacco inferiori a 14' o superiori a 18' si ottengono valori di ferro ferroso più bassi, ed inoltre i dati non sono riproducibili.

Gli alcali sono stati determinati mediante fotometria di fiamma (L. SHAPIRO e W. W. BRANNOCK, 1962).

Per il dosaggio del fosforo si è usato il metodo del bleu di molibdeno (F. D. SNELL e C. T. SNELL, 1957) operando sulle soluzioni ottenute con attacco fluoridrico-solfurico, previa eliminazione dei cationi su colonna di resina Amberlite IR-120. Per ciascun granato si sono fatte due determinazioni di fosforo: la prima sulla polvere tale e quale, allo scopo di determinare il fosforo totale; la seconda sulla polvere di granato previamente trattata con HNO_3 diluito (S. KORITNIG, 1965) al fine di rimuovere l'apatite eventualmente presente e quindi di dosare il P^{5+} presente nel reticolo come vicariante di Si^{4+} .

Le composizioni chimiche ottenute per i tre granati analizzati sono riportate in Tabella II, unitamente al numero dei cationi sulla base $0 = 24$ ed alle percentuali molecolari.

A commento dei risultati analitici riportati nella Tabella II aggiungiamo quanto segue:

a) Nelle analisi non compare alcun dato relativo al TiO_2 : i valori trovati (0.17, 0.11 e 0.21% TiO_2 rispettivamente per i granati G 1, G 2 e G 3) corrispondono quasi esattamente alle piccole quantità di rutilo presente come impurezza nei granati (vedi pag. 10). Le analisi sono state corrette per questa sottrazione.

b) Il valore riportato per P_2O_5 si riferisce solo al fosforo vicariante del silicio. Per i granati G 1 e G 3 tale valore coincide con quello del fosforo totale; per il granato G 2 esso rappresenta solo il 50% del P_2O_5 totale, essendo l'altro 50% attribuibile ad inclusioni di apatite.

c) Il valore 0.00% riportato per il nichel significa che di tale elemento non si è trovata alcuna traccia, pur avendo utilizzato per la sua estrazione tutta la soluzione ricavata dalla disgregazione di 1 gr di sostanza e ridotto il volume finale dell'estratto in cloroformio a 10 cc.

PROPRIETÀ FISICO-CRISTALLOGRAFICHE DEI GRANATI.

In tabella II, unitamente ai risultati delle analisi chimiche, sono stati riportati anche i dati fisico-cristallografici relativi ai granati studiati.

I valori dell'indice di rifrazione n , per $\lambda = 589 \text{ m}\mu$ (a 22°C), sono stati ottenuti per interpolazione utilizzando il metodo dell'immersione con variazione di λ (C. BURRI, 1959).

I valori di a_0 sono stati ricavati da spettri di polvere (diametro della camera: 114.6 mm; radiazione $\text{FeK}\alpha$; filtro di Mn) mediante

TABELLA II. - *Composizione chimica, composizione molecolare e proprietà fisico-cristallografiche dei granati delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo.*

<i>Composizione chimica</i>	G 1	G 2	G 3
SiO ₂	38.35	38.08	37.94
TiO ₂	—	—	—
P ₂ O ₅	0.02	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	20.82	20.62	20.60
Cr ₂ O ₃	0.03	0.02	0.03
Fe ₂ O ₃	2.05	1.60	1.81
FeO	23.91	24.00	25.28
NiO	0.00	0.00	0.00
MnO	0.46	0.53	1.08
MgO	4.45	2.47	3.31
CaO	10.44	13.05	10.31
Na ₂ O	0.04	0.04	0.05
K ₂ O	<0.01	<0.01	<0.01
Totale	100.57	100.42	100.43

Numero di cationi per o = 24.

Si	5.971	5.984	5.970
P	0.003	0.002	0.003
Al	0.026	0.014	0.027
Al	3.794	3.806	3.793
Cr	0.004	0.003	0.004
Fe'''	0.240	0.189	0.214
Fe''	3.113	3.154	3.327
Mg	1.033	0.579	0.776
Mn	0.061	0.071	0.144
Ca	1.742	2.197	1.738
Na	0.013	0.012	0.016

Composizione molecolare.

Almandino	52.51	52.45	55.45
Grossularia	24.10	31.96	23.77
Piropo	17.22	9.63	12.93
Andradite	5.05	4.71	5.35
Spessartina	1.02	1.18	2.40
Uvarovite	0.10	0.10	0.10

Proprietà fisico-cristallografiche misurate.

n (22°C)	1.785 ± 0.002	1.789 ± 0.002	1.789 ± 0.002
a_0 (22°C)	11.624 Å ± 0.002	11.649 Å ± 0.002	11.6240 Å ± 0.0005

Proprietà fisico-cristallografiche calcolate.

n (Skinner)	1.789	1.789	1.793
a_0 (Skinner)	11.621	11.649	11.625
D (Skinner)	3.991	3.992	4.022
D (An. Chim.)	3.978	3.984	4.015

estrapolazione grafica contro la funzione $1/2 (\cos^2\vartheta/\sin^2\vartheta + \cos^2\vartheta/\vartheta)$. L'errore stimato appare diverso per i tre granati in funzione della dispersione dei punti sulle curve di estrapolazione ottenute.

Può essere interessante rilevare che in tutti e tre gli spettri di diffrazione le doppiette α_1 α_2 ad alto angolo di ϑ appaiono nitide e ben risolte osservandosi semmai solo una lievissima diffusione nel granato G 1. In base a tale carattere sembra potersi escludere, per i granati G 2 e G 3, la possibilità di una consistente zonatura (LEE et al., 1963); la lieve diffusione osservata per il granato G 1 ben si accorda con la leggerissima zonatura già rilevata in precedenza (vedi pag. 4).

Utilizzando i risultati delle analisi chimiche da noi eseguite ed i valori di n ed a_0 offerti da SKINNER (1956) per i termini estremi della serie, abbiamo dedotto e riportato (Tabella II) i valori di n ed a_0 calcolati per i granati studiati. L'accordo fra i valori misurati e quelli calcolati è risultato soddisfacente.

Data la finezza del materiale a disposizione, abbiamo rinunciato alla determinazione sperimentale del peso specifico. In Tabella II sono riportati i valori della densità (D) calcolati rispettivamente: a) in base all'analisi chimica ed al volume della cella elementare dedotto da a_0 misurato; b) sulla scorta dei valori offerti da SKINNER (1956) per i termini estremi sintetici.

Per quanto concerne la *suscettività magnetica* rileviamo che essa dovrebbe essere sensibilmente eguale per i tre granati studiati, in quanto le condizioni sperimentali del separatore isodinamico di Franz, per il passaggio completo del granato nella frazione paramagnetica, sono le stesse per tutt'e tre i granati, e cioè:

Inclinazione laterale (side tilt)	Pendenza (forward slope)	Intensità di corrente
10°	30°	0.40 Amp

Considerazioni conclusive.

I CARATTERI DEI GRANATI DELLE ROCCE ECLOGITICHE DELLA ZONA SESIA-LANZO.

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati delle analisi chimiche ed i dati fisico-cristallografici (n , D, a_0) relativi a tre granati provenienti da tre rocce eclogitiche affioranti dentro la così detta « formazione dei micascisti eclogitici » della zona Sesia-Lanzo (Alpi occidentali).

Il granato G 1 proviene da un'eclogite a glaucofane ed epidoto, raccolta fra la stazione superiore della funivia ed il lago del Mucrone (Oropa-Biella); il granato G 2 proviene da un'eclogite epidotica, raccolta nella stessa località; il granato G 3 da un'eclogite glaucofanica ad epidoto, raccolta presso Navetta, sul versante sinistro della bassa Valle dell'Orco.

I tre granati analizzati possiedono caratteri sostanzialmente uniformi corrispondenti a quelli di almandini grossularitici con subordinato piropo e scarsa andradite. Il contenuto di almandino oscilla nei tre granati entro limiti piuttosto ristretti (52.5-55.5% mol), mentre variazioni più forti si riscontrano nel contenuto di grossularia (23.8-32%) e di piropo (9.6-17.2%). La frazione andraditica è costante su valori di circa 5%, mentre scarseggiano le frazioni spessartinica (1-2.4%) ed uvarovitica (0.1% mol circa).

Carattere comune ai tre granati analizzati è l'elevato contenuto di ugrandite in miscela con pirlaspite (29.25%, 36.74% e 29.22% di ugrandite rispettivamente per G 1, G 2 e G 3).

Due dei granati analizzati (G 1 e G 3), provenienti da località diverse, presentano notevoli analogie di composizione chimica e di proprietà fisico-cristallografiche; il terzo (G 2) si distingue dai primi due per un più elevato tenore di grossularia e per un contenuto di piropo più basso; conseguentemente a ciò tale granato si distingue dagli altri due anche per un maggiore valore di a_0 (11.65 Å invece di 11.62 Å).

Può essere interessante osservare che il contenuto di grossularia nei granati sembra dipendere dal contenuto totale in calcio della roccia. Ciò risulta evidente dal confronto fra le analisi chimiche dei due granati G 1 e G 2 e le rispettive rocce madri, che provengono dalla medesima località.

Rileviamo inoltre che il contenuto in MnO dei granati analizzati risulta abbastanza elevato (fra 0.46 e 1.08% MnO) accostandosi ai valori massimi riscontrati da ROST e GRIEGEL (1964) per i granati di numerose rocce eclogitiche centroeuropee. Tenendo presente la composizione mineralogica dedotta per le rocce analizzate (variante alla norma), si deduce, dal confronto fra le analisi chimiche delle eclogiti e dei rispettivi granati, che il manganese della roccia è pressochè interamente concentrato nei granati. Ciò è confermato anche dalle indagini chimiche preliminari di C. VITERBO (dati non pubblicati) sui pirosseni e

sugli anfiboli di queste stesse rocce, dalle quali risulta che entrambi questi minerali contengono tenori assai modesti in manganese ($\leq 0.03\%$ di MnO).

Per quanto concerne la distribuzione dei costituenti minori nei granati delle rocce eclogitiche studiate rileviamo quanto segue (vedi Tabella III):

a) Il sodio, che è il più abbondante dei costituenti minori si trova in concentrazioni dell'ordine di 300-400 ppm, espresse in elemento.

b) Il cromo segue in ordine di abbondanza il sodio. Il contenuto in Cr_2O_3 trovato nei granati analizzati si accosta al valore medio ($0.02\% Cr_2O_3$) riscontrato da ROST e GRIEGEL (1964) per i granati di varie rocce eclogitiche dell'Europa centrale ed a quelli trovati da altri Autori per granati di rocce eclogitiche (TUREKIAN, 1963; LEE et al., 1963; HAHN-WEINHEIMER e LUECKE, 1963; COLEMAN et al. 1965). V'è da rilevare che la concentrazione del cromo nei granati è simile alla concentrazione di tale elemento nelle rocce madri.

c) Il potassio è presente per tutt'e tre i granati analizzati in concentrazioni comprese fra 50 e 100 ppm in elemento.

d) Analoghe concentrazioni, entro questi limiti, si osservano per il fosforo; esse risultano inferiori rispetto al valore medio (185 ppm di P) riscontrato da KORITNIG (1965) nei granati; i valori trovati sono tuttavia confrontabili con quelli offerti dallo stesso Autore per 5 dei 12 granati da lui considerati.

e) Non è possibile precisare il contenuto di titanio nei granati studiati in quanto, come già si è detto a pag. 13, il valore di TiO_2 ottenuto dall'analisi chimica corrisponde praticamente al tenore di rutilo riscontrato come impurezza nei concentrati usati per l'analisi. Questa è la ragione per cui il titanio è indicato come assente nella Tabella III. Si può affermare comunque che il contenuto di titanio nei

TABELLA III. - *Concentrazione (in ppm) degli elementi minori nei granati delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo.*

	Na	K	Cr	Ni	P	Ti
G 1	296	83	205	0	95	0
G 2	296	83	137	0	43	0
G 3	371	83	205	0	75	0

granati studiati dev'essere molto basso. Ciò del resto è in ottimo accordo con le osservazioni di ROST e GRIEGEL (1964), i quali sui granati di numerose rocce eclogitiche dell'Europa centrale hanno notato contenuti di TiO_2 « reale » compresi fra 0.07 e 0.03%.

f) Per quanto concerne il nichel, il valore « 0 » riportato in Tabella III per questo elemento vuol significare che esso non è stato evidenziato neppure in tracce. Poichè la sensibilità del metodo impiegato (dimetilgliosima, estrazione in cloroformio) è notevole, essendo capace di mettere in evidenza concentrazioni di Ni pari a $0.17\gamma/10$ cc. (E. B. SANDELL, 1959), si deve dedurre che nella migliore delle ipotesi la concentrazione di questo elemento nei granati studiati non deve superare le 5 ppm. E' noto del resto che, ad eccezione dei granati più ricchi di piropro, che caratterizzano un ben definito tipo di eclogiti, la concentrazione del nichel nei granati delle eclogiti in generale è solitamente bassa o molto bassa, spesso dell'ordine di qualche parte per milione (TUREKIAN, 1963; LEE et al., 1963; HAHN-WEINHEIMER e LUECKE, 1963; ROST e GRIEGEL, 1964; COLEMAN et al., 1965). Il contenuto di nichel nelle rocce eclogitiche studiate si aggira sui 50-70 ppm (espresso in elemento).

POSIZIONE SISTEMATICA DELLE ECLOGITI DELLA ZONA SESIA-LANZO ALLA LUCE DELLO STUDIO DEI GRANATI.

Le considerazioni sopra esposte sui granati delle rocce eclogitiche studiate ci consentono di affrontare il problema relativo alla posizione sistematica delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo.

E' noto che diversi Autori (ad es. SMULIKOWSKI, 1964; COLEMAN et al., 1965) sostengono l'opportunità di abolire la « facies eclogitica » come facies metamorfica, poichè sul terreno è possibile osservare l'associazione delle eclogiti con rocce appartenenti a facies metamorfiche diverse, rivelando in tal modo che tali rocce si possono formare entro un ampio intervallo di condizioni P-T.

Proprio recentemente SMULIKOWSKI (1964, 1965) e COLEMAN et al. (1965) hanno proposto una classificazione delle rocce eclogitiche basata su un complesso di caratteri distintivi, come la giacitura, il chimismo delle rocce e la composizione chimica dei costituenti mineralogici essenziali. Poichè l'accordo fra le due classificazioni, proposte indipendentemente l'una dall'altra, è notevole, riteniamo opportuno riassumere

brevemente i caratteri distintivi dei tre gruppi di eclogiti sui quali si articola la nuova classificazione:

1. *Eclogiti comprese come inclusioni in kimberliti e basalti oppure come letti in rocce ultrafemiche.* Sono caratterizzate da un chimismo corrispondente a quello di un basalto olivinic; dalla presenza di un pirosseno diopsidico o augitico con scarsa componente giadeitica, e da un granato con forte prevalenza del piropo ($> 55\%$ piropo secondo COLEMAN et al.). Queste eclogiti rappresentano prodotti di origine molto profonda. Per SMULIKOWSKI tali rocce non sono da considerarsi come delle vere e proprie eclogiti, bensì come delle « pirosseniti granatifere ».

2. *Eclogiti comprese in bande o lenti entro a complessi gneissici e migmatiti.* Il chimismo di queste rocce corrisponde a quello di gabbri comuni (SMULIKOWSKI). Dal punto di vista mineralogico sono contrassegnate da un pirosseno diopsidico con un certo tenore di giadeite (20-30% di giadeite, e bassi tenori di acmite, secondo SMULIKOWSKI); da un granato con tenori di piropo compresi fra 55 e 30% mol (COLEMAN et al.), contenente discrete quantità di grossularia e scarsa andradite. Come minerali addizionali si possono trovare orneblenda, quarzo, cianite, mica bianca e zoisite. Le eclogiti di questo gruppo sono sempre associate ad anfiboliti con o senza granato. Secondo SMULIKOWSKI esse si formerebbero per un metamorfismo isochimico di notevole profondità a partire da rocce di composizione basica (magmatiti ed anche rocce sedimentarie) inserite in serie rocciose sopraerostali che un successivo metamorfismo regionale ha convertito in gneiss o migmatiti.

3. *Eclogiti in bande o lenti entro a rocce metamorfiche di tipo alpino, di solito associate a scisti glaucofanici ed a prasiniti* (« eclogiti ofiolitiche » secondo SMULIKOWSKI). Queste eclogiti possiedono in genere un chimismo corrispondente a quello di un basalto toleitico. Dal punto di vista mineralogico sono caratterizzate da un pirosseno omfacitico, ricco di giadeite; secondo COLEMAN et al. il contenuto di molecola acmitica sarebbe fortemente variabile (5-20%). Il granato è un almandino grossularitico con subordinato piropo; secondo COLEMAN et al. il contenuto di piropo è inferiore al 30%, essendo anzi normalmente molto più basso ($< 15\%$). Carattere comune ai granati di queste rocce sarebbe l'elevato contenuto di molecola ugranditica in miscela con la piralspite ($> 27\%$ ugrandite, secondo COLEMAN et al.). Come minerali addizionali si possono trovare glaucofane, epidoto, e mica bianca. Queste eclogiti rappresenterebbero i prodotti di grado più elevato del metamorfismo nelle condizioni tipiche della facies degli scisti glaucofanici (COLEMAN et al.). Secondo SMULIKOWSKI tali rocce derivano in massima parte dalle vulcaniti basiche connesse con le fasi embrionali dello sviluppo delle geosinclinali. Le peculiarità di queste eclogiti si spiegano col carattere spilitico delle vulcaniti iniziali di geosinclinale (come ad es. nel caso delle eclogiti di Zermatt, studiate da P. BEARTH, 1959), oppure con un apporto di sodio durante il metamorfismo.

Per quest'ultimo gruppo di eclogiti SMULIKOWSKI (1964) auspica una maggior quantità di osservazioni al fine di definire meglio i caratteri di queste eclogiti, delle quali si hanno solo scarsi dati.

E' interessante notare che le rocce eclogitiche della zona Sesia-Lanzo, delle quali si ha tutt'ora solo una parziale conoscenza, dovrebbero appartenere, secondo SMULIKOWSKI (1964), al gruppo delle « eclogiti ofiolitiche ». Secondo lo stesso Autore la genesi di queste eclogiti

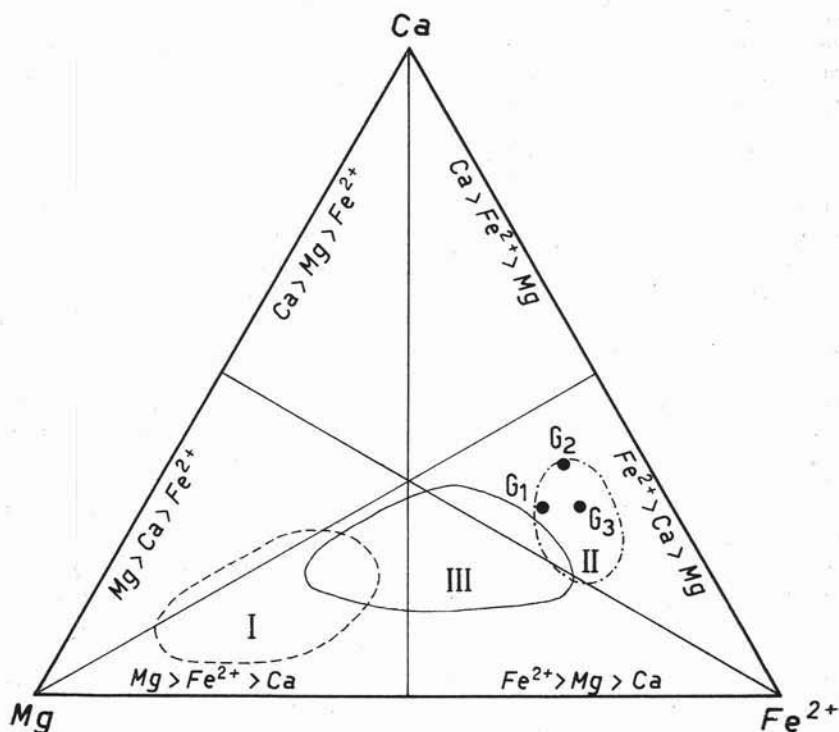


Fig. 1. — Proiezione dei punti rappresentativi dei granati delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo nel diagramma triangolare Mg—Fe²⁺—Ca secondo SMULIKOWSKI (1965).

I tre campi I, II e III sono quelli originali tracciati da SMULIKOWSKI. Il campo I corrisponde ai granati delle eclogiti associate a rocce basiche ed ultrabasiche; il campo II ai granati delle eclogiti ofiolitiche; il campo III ai granati delle eclogiti comprese in complessi gneissici e migmatiti.

piemontesi, incluse in un complesso sicuramente sedimentario (« formazione dei micascisti eclogitici ») sarebbe imputabile ad un apporto sodico durante il metamorfismo.

E' da notare che già in precedenza MICHEL (1953) aveva invocato per il complesso scistoso cristallino polimetamorfoico della zona

Sesia-Lanzo un esteso metasomatismo sodico di età alpina, responsabile dei fenomeni di glaucofanitizzazione e di albitizzazione riscontrabili in queste rocce.

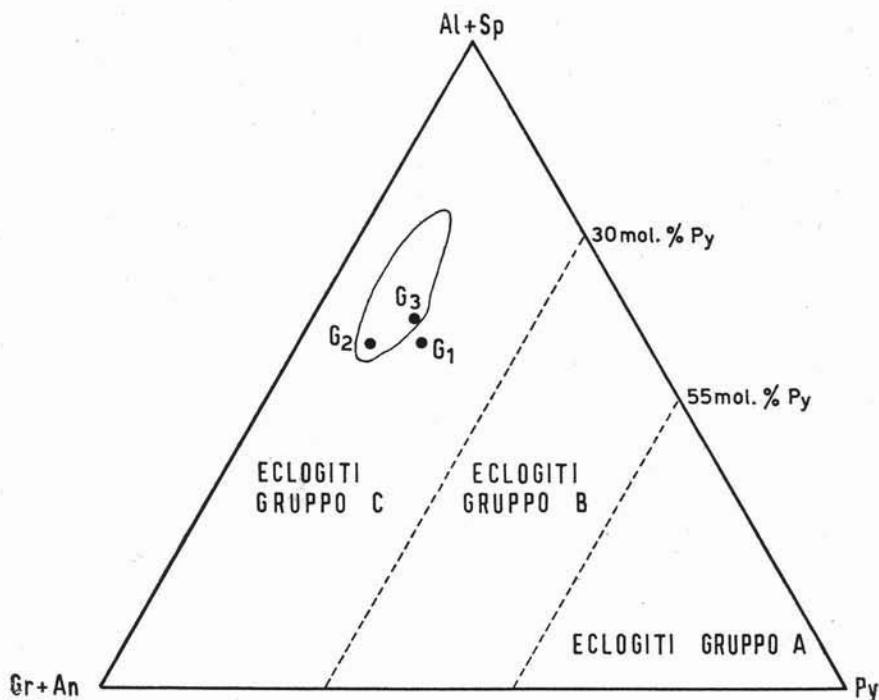


Fig. 2. — Proiezione dei punti rappresentativi dei granati delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo nel diagramma triangolare (Gr+An)—(Al+Sp)—Py secondo COLEMAN et al. (1965).

I gruppi A, B e C sono quelli originali di COLEMAN et al. Il diagramma è stato semplificato omettendo i campi di stabilità relativi ai granati dei gruppi A e B, corrispondenti rispettivamente ai granati delle eclogiti associate a rocce basiche ed ultrabasiche, ed a quelli delle eclogiti comprese nei complessi gneissico-migmatitei. Il gruppo C corrisponde ai granati delle eclogiti comprese negli seisti glaucofanici. Il campo delineato per i granati di quest'ultimo gruppo è quello originariamente proposto da COLEMAN et al.

Recentemente però BIANCHI e Gb. DAL PIAZ (1963) hanno offerto prove inconfutabili a favore di una genesi essenzialmente prealpina del glaucofane in queste rocce. Tale considerazione induce ad escludere l'ipotesi che le eclogiti piemontesi prese in esame possano rappresentare il prodotto di una mobilizzazione sodica di età alpina. Secondo BIANCHI e Gb. DAL PIAZ l'impronta metamorfica fondamentale di que-

ste rocce, compresa la genesi essenziale del glaucofane, è di età sicuramente prealpina.

Il problema della posizione sistematica per le eclogiti studiate rimane quindi aperto, potendo tali rocce essere assegnate indifferentemente al gruppo 2 o 3 della classificazione ricordata in precedenza. Da una parte, infatti, in base alla loro frequente associazione con gli scisti glaucofanici appartenenti alla « formazione dei micascisti eclogitici », si può ritenere che le rocce in discussione appartengano al gruppo 3 della classificazione sopra ricordata (« eclogiti ofiolitiche » di SMULIKOWSKI); d'altro lato, la contemporanea presenza nel complesso scistoso della zona Sesia-Lanzo di rocce anfibolitiche (MICHEL, 1953; BIANCHI e Gb. DAL PIAZ, 1963), nonché di rocce gneissiche varie, potrebbe indurre a collocarle nel gruppo 2 delle eclogiti associate alle anfiboliti.

I caratteri mineralogici dei costituenti essenziali indicano però come più probabile l'appartenenza delle eclogiti in questione al gruppo 3. Infatti, come si può vedere dalle Figg. 1 e 2, i punti rappresentativi dei granati da noi analizzati si localizzano molto bene nel campo delle eclogiti associate agli scisti glaucofanici, tanto nel diagramma Ca-Mg-Fe²⁺ di SMULIKOWSKI (1965), quanto nel diagramma (Gr+An)-(Al+Sp)-Py di COLEMAN et al. (1965). La posizione assunta dal punto rappresentativo del granato G1 nel diagramma di Fig. 2 consiglia di modificare leggermente il campo delineato da COLEMAN et al. per le eclogiti associate a scisti glaucofanici.

A confermare la posizione sistematica delle eclogiti studiate ci sono anche i caratteri del pirosseno. Dati analitici in corso di elaborazione, presentati come nota preliminare da MONESE, OGNIBEN e VITERBO (1964), hanno rivelato che il pirosseno di una pirossenite eclogitica del lago Mucrone è un'omfacite con la seguente composizione molecolare: 46% diopside, 6% hedenbergite, 45% giadeite, 3% acmite.

Resta aperto il problema relativo alla genesi delle eclogiti della zona Sesia-Lanzo. COLEMAN et al. (1965) hanno potuto documentare che le eclogiti californiane associate agli scisti glaucofanici derivano molto probabilmente da originarie rocce basaltiche; BEARTH (1959) ha dimostrato che le eclogiti legate al metamorfismo di età alpina, e comprese nella formazione mesozoica dei calcescisti con ofioliti della zona di Zermatt, sono derivate dalla trasformazione di originarie vulcaniti basiche della fase iniziale del magmatismo di geosinclinale. Per le eclogiti piemontesi comprese nel cristallino antico e qui considerate,

possiamo solo affermare che il chimismo corrisponde a quello di magmi gabbriici normali, con possibilità di accostarsi anche al chimismo di magmi essexitici, come appare da precedenti ricerche (BIANCHI e Gb. DAL PIAZ, 1963).

Più difficile risulta stabilire se si tratti realmente di rocce di origine magmatica o non piuttosto di origine sedimentaria, visto anche il loro particolare modo di presentarsi in noduli ed in lenti entro ad un complesso prevalentemente costituito da parascisti.

Desideriamo esprimere la nostra riconoscenza ai Proff. A. BIANCHI e Gb. DAL PIAZ che ci hanno costantemente guidati nel corso delle indagini; un sentito ringraziamento vada al Prof. C. CIPRIANI per la lettura critica del manoscritto e per le riprese di fluorescenza ai raggi X, eseguite presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Firenze, grazie all'ospitalità concessa dal Direttore Prof. G. CAROBBI.

Padova - Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università e Centro di Studio per la Petrografia e la Geologia del C.N.R., 1965.

BIBLIOGRAFIA

- ANGEL F., 1957 - *Einige ausgewählte Probleme eklogitischer Gesteinsgruppen der österreichischen Ostalpen*. Neues Jb. Min. Abh. 91, pp. 151-192.
- BEARTH P., 1959 - *Über Eklogite, Glaukophanschiefer und metamorphe Pillowlaven*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 39, pp. 267-286.
- BEARTH P., 1965 - *Zur Entstehung alpinotyper Eklogite*. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 45, pp. 179-188.
- BIANCHI A. e DAL PIAZ Gb., 1958 - *Il cristallino antico delle Alpi con particolare riguardo al versante italiano*. Relazione preliminare riservata, a cura del Comitato Naz. per le Ricerche Nucleari, pp. 1-229, Padova.
- BIANCHI A. e DAL PIAZ Gb., 1959 - *La memoria geologico-petrografica di R. Michel sul massiccio del Gran Paradiso e regioni limitrofe. Osservazioni critiche*. Rend. Soc. Min. Ital., 15, pp. 21-24.
- BIANCHI A. e DAL PIAZ Gb., 1963 - *Gli inclusi di « micascisti eclogitici » della zona Sesia nella formazione porfiritica permiana della zona del Canavese fra Biella ed Oropa. Caratteristiche ed età dei fenomeni metamorfici*. Giornale di Geologia, serie II, 31, pp. 39-76.
- BIANCHI A., DAL PIAZ Gb. e VITERBO C., 1965 - *Le masse di anfiboliti gabbriiche a gastaldite di Corio e Monastero e di altre località della zona Sesia-Lanzo (Alpi Occidentali)*. Mem. Acc. Sci. Torino, Cl. Sci. Fis. Mat. e Nat., serie IV, n. 3, pp. 1-36.
- BURRI C., 1950 - *Das Polarisationsmikroskop*. Birkhäuser ed., Basel.
- BURRI C., 1959 - *Petrochemische Berechnungsmethoden auf Äquivalenter Grundlage*. Birkhäuser ed., Basel.

- CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY M., 1962 - *Idées actuelles sur l'origine et la formation des écoligites. A propos des écoligites de Loire-Atlantique et de Vendée.* 87° Congrès des Sociétés savantes, pp. 551-556.
- COLEMAN R. G., LEE D. E., BEATTY L. B. e BRANNOCK W. W., 1965 - *Eclogites and eclogites: their differences and similarities.* Geol. Soc. of Amer. Bull., 76, pp. 483-508.
- DEER W. A., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J., 1962 - *Rock forming minerals. Vol. 1. Ortho- and Ring silicates.* Longmans ed., London.
- FENOGLIO M. e RIGAUT G., 1960 - *Relazione tra composizione chimica e proprietà fisiche e cristallografico-strutturali dei granati.* Rend. Soc. Min. Ital., 16, pp. 7-22.
- FLEISCHER M., 1937 - *The relation between chemical and physical properties in the garnet group.* Am. Min., 22, pp. 751-759.
- FORD W. E., 1915 - *A study of the garnet group.* Am. Jour. Sci., 40, pp. 33-49.
- FRANCHI S., 1900 - *Sopra alcuni giacimenti di rocce giadaitiche nelle Alpi occidentali e nell'Appennino ligure.* Boll. Com. Geol. d'Italia, 1, pp. 119-158.
- FRANCHI S., 1901 - Boll. Com. Geol. d'Italia, vol. 32, Atti Ufficiali, Roma.
- FRANCHI S., 1902 - Boll. Com. Geol. d'Italia, vol. 33, Atti Ufficiali, Roma.
- FUJU T., 1960 - *Correlation of some physical properties and chemical composition of solid solutions.* Am. Min., 45, pp. 370-383.
- HAHN-WEINHEIMER P. e LUECKE W., 1963 - *Garnets from eclogites of the Muenchberger gneiss Massif (NE Bavaria).* Canada Mineral., fase. 7, pp. 764-796.
- HEY M. H., 1954 - *A new review of the chlorites.* Min. Mag., 30, pp. 277-292.
- JAKOB J., 1952 - *Chemische Analyse der Gesteine und silikatischen Mineralien.* Birkhäuser ed., Basel.
- KORITNIG S., 1965 - *Geochemistry of phosphorus. I. The replacement of Si⁴⁺ by P⁵⁺ in rock-forming silicate minerals.* Geoch. et Cosm. Acta, 29, pp. 361-371.
- LEE D. E., COLEMAN R. G. e ERD R. C., 1963 - *Garnets types from the Cazadero area, California.* Jour. Petr., 4, pp. 460-492.
- MICHEL R., 1953 - *Les schistes cristallins des Massif du Grand Paradis et de Sesia-Lanzo (Alpes Franco-Italiennes).* Sciences de la Terre, t. 1, n. 3-4, pp. I-XXIV e 1-287. Nancy.
- MYASHIRO A. e SEKI Y., 1958 - *Mineral assemblages and subfacies of the glaucophane-schist facies.* Jap. Jour. Geol. Geogr., 29, pp. 199-208.
- MONESE A., OGNIBEN G. e VITERBO C., 1964 - *I pirosseni omfacitici delle eclogiti nel cristallino antico della zona Sesia.* Progr. Comunicaz. Scient., XXI Congr. Soc. Min. Ital., pp. 44-45.
- NELSON J. B. e RILEY D. P., 1945 - *An experimental investigation of extrapolation method in the derivation of accurate unit-cell dimensions of crystals.* Proc. Phys. Soc. London, 57, pp. 413-428.
- NIGGLI P., 1936 - *Die Magmentypen.* Schweiz. Min. Petr. Mitt., 16, pp. 335-399.
- NOVARESE V., 1931 - *La formazione diorito-kinzigitica in Italia.* Boll. R. Uff. Geol. d'Italia, 56, pp. 1-62.
- NOVARESE V., 1943 - *Il sistema eruttivo Traversella-Biella.* Mem. Descr. della Carta Geol. d'Italia, 28, pp. 3-90.

- PAEST A., 1931 - *The garnets in the glaucophane-schists of California*. Am. Min., 16, pp. 327-333.
- PLAS L. v.d., 1959 - *Petrology of the northern Adula region*. Tesi dell'Univ. di Leida in «Leidse Geol. Meded.», 24, pp. 409-603.
- RILEY J. P., 1958 - *Rapid analysis of silicate rocks and minerals*. Anal. Chim. Acta, 19, pp. 413-428.
- ROST F. e GRIEGEL W., 1964 - *Über accessorische Elemente in Mitteleuropäischen Eklogiten und ihren Mineralien*. Geoch. et Cosm. Acta, 28, pp. 1933-1951.
- SANDELL E. B., 1959 - *Colorimetric determination of traces of metals*. Interscience Pub., New York.
- SANERO E., 1932 - *Sopra alcune rocce del M. Musinè (Valle di Susa)*. Periodico di Miner., 3, pp. 87-123.
- SHAPIRO L. e BRANNOCK W. W., 1962 - *Rapid analysis of silicate, carbonate and phosphate rocks*. Geol. Surv. Bull. 1144-A.
- SKINNER B. J., 1956 - *Physical properties of the garnet group*. Am. Min., 41, pp. 428-436.
- SMULIKOWSKI K., 1964 - *An attempt at eclogite classification*. Bull. Acad. Pol. Sci., ser. Sci. geol. geogr., 12, pp. 27-33.
- SMULIKOWSKI K., 1965 - *Chemical differentiation of garnets and clinopyroxenes in eclogites*. Bull. Acad. Pol. Sci., ser. Sci. geol. geogr., 13, pp. 11-18.
- SNELL F. D. e SNELL C. T., 1957 - *Colorimetric methods of analysis. Vol. II*. Van Nostrand ed., New York.
- TAYLOR A. e SINCLAIR H., 1945 - *On the determination of lattice parameters by the Debye-Scherrer method*. Proc. Phys. Soc., London, 57, pp. 126-135.
- TRÖGER W. E., 1959 - *Optische Bestimmung der Gesteinbildenden Minerale. Teil I. Nägele u. Obermiller ed., Stuttgart*.
- TRÖGER W. E., 1959 - *Die Granatgruppe: Beziehungen zwischen Mineralchemismus und Gesteinsart*. Neues Jb. Min., 93, pp. 1-94.
- TUREKIAN K. K., 1963 - *The chromium and nickel distribution in basaltic rocks and eclogites*. Geoch. et Cosm. Acta, 27, pp. 835-846.
- VITERBO C., 1961 - *Caratteri chimico-petrografici di alcune intercalazioni femiche negli scisti del cristallino antico della zona Sesia-Lanzo (Alpi piemontesi)*. Rend. Soc. Min. Ital., 17, pp. 591-598.
- VOGEL D. E. e BAHEZZE C., 1965 - *The composition of partially zoned garnet and zoisite from Cabo Ortegal, NW Spain*. Neues Jb. Min., Monshft., 5, pp. 140-149.
- YODER H. S. jr. e TILLEY C. E., 1962 - *Origin of basalt magmas: an experimental study of natural and synthetic rock systems*. Jour. Petr., 3, pp. 342-532.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, alla scala 1:100.000, pubblicata dal R. Uff. Geol., Foglio 42 Ivrea, ristampa 1959.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, foglio 43 Biella, 1933.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I

Fig. 1. — Eclogite a glaucofane ed epidoto, fra la stazione superiore della funivia ed il lago del Mucrone (Oropa-Biella).

Grosso subidioblasto di granato (in alto, a sinistra) con inclusioni di rutilo e clorite. Nella metà inferiore della fotografia si riconoscono vari grossi individui di omfacite, e, nell'angolo inferiore destro, lepidoblasti micacei (in bianco) ed un nematoblasto di glaucofane. Le fratture che attraversano l'aggregato mineralogico sono riempite essenzialmente da clorite. Al centro si riconosce un granuletto di rutilo. Solo polarizzatore, x 17.

Fig. 2. — Eclogite epidotica, tra la stazione superiore della funivia ed il lago del Mucrone (Oropa-Biella).

Piccoli idioblasti granatiferi (al centro) in risalto su una massa granonematoblastica a prevalente epidoto (parte destra della foto) ed omfacite (parte sinistra). Nella parte superiore della fotografia, ed in posizione centrale, si riconosce un aggregato microgranoblastico di granato, che circonda un granulo di omfacite. Sono inoltre riconoscibili alcuni granuli di rutilo (in forte rilievo) e, all'estremità destra superiore della foto, un bel lepidoblasto di fengite (in bianco). Solo polarizzatore, x 18.

Fig. 3. — Eclogite glaucofanica ad epidoto, presso Navetta, versante sinistro della Valle dell'Orco.

Si possono osservare: grossi individui di granato, avviluppati da clorite; individui omfacitici (riconoscibili ad es. quelli fra i due granati, nella parte sinistra della foto); granoblasti di epidoto (porzioni grigiocure in rilievo, con aspetto microgranulare); glaucofane (parte centrale della foto). Nella parte superiore, in posizione centrale, si vede un bel fenoblasto di zoisite e, nella parte destra, plaghe bianche di mica fengitica. Solo polarizzatore, x 8.

Fig. 4. — Particolare della fotografia precedente.

Grossi individui di granato con bordo cloritico, immersi in una massa granonematoblastica essenzialmente epidotico-glaucofanica. Si noti, nella parte superiore sinistra della fotografia, un grosso relitto di zoisite, smembrato e compenetrato a fiamma da mica bianca, clorite ed epidoto. Solo polarizzatore, x 15.



Fig. 1.

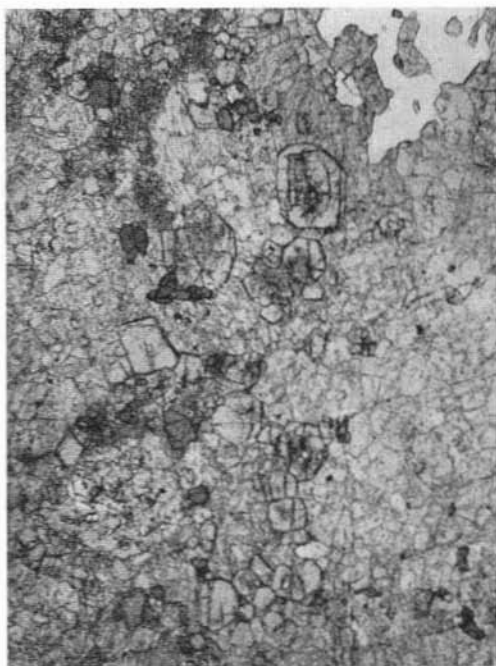


Fig. 2.

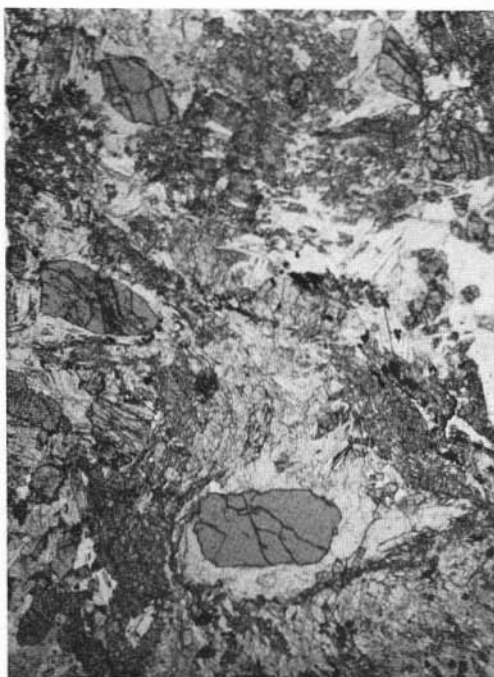


Fig. 3.

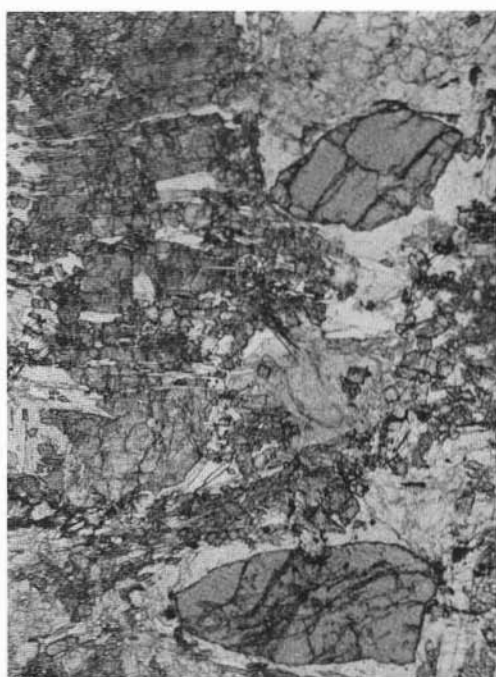


Fig. 4.