

MARIO BERTOLANI e GIORGIO GARUTI

ASPETTI PETROGRAFICI
DELLA FORMAZIONE BASICA IVREA-VERBANO
IN VAL SESSERA (VERCELLI) (*)

RIASSUNTO. — E' stato effettuato uno studio petrografico sul tratto della Val Sessera (Alpi Biellesi), che attraversa la Formazione Ivrea-Verbano. Le rocce, un tempo ritenute magmatiche intrusive ed esclusivamente basiche, sono state interpretate come rocce metamorfiche di facies granulitica. La serie non comprende solo termini basici, ma anche granuliti acide e intermedie e tipi del tutto analoghi alle charnockiti acide della penisola indiana.

Questi tipi di rocce granulitiche formano due fasce parallele che si congiungono nella zona di Trivero, indicando così la presenza nella cosiddetta formazione basica di una struttura antiforale.

Per la terminologia è stata proposta una nomenclatura che tiene conto sia della natura metamorfica della roccia, sia della somiglianza nelle paragenesi a tipi magmatici, formando così un collegamento tra la vecchia terminologia magmatica e la nuova metamorfica.

ABSTRACT. — A petrological study has been carried out on Val Sessera (Alps of Biella) where it crosses the Basic Formation Ivrea-Verbano. The rocks, which have been previously considered to be igneous mafic intrusives, are now reinterpreted as metamorphic rocks of granulitic facies. The suite does not only include mafic terms, but also felsic and intermediate granulites, having a their different lithology, give a very useful marker horizon which has enabled us to distinguish the presence of an antiformal structure closing near Trivero.

In this work we propose a new terminology which not only accounts for the metamorphic nature of these rocks but point also out the similarity of the mineralogical assemblages of these to igneous rocks. This new classification links the old igneous nomenclature used for the rocks of this area to the new metamorphic one.

(*) Lavoro effettuato col contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

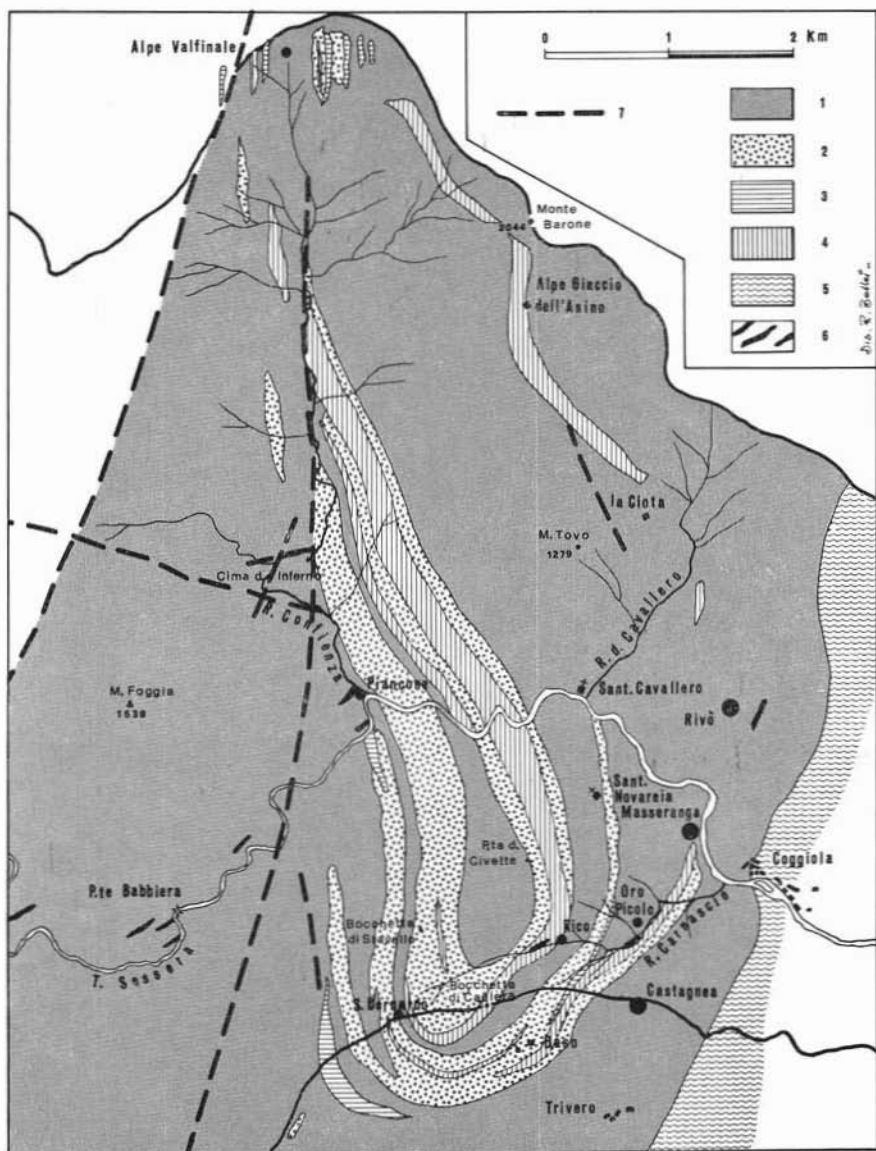


Fig. 1. — Schizzo geo-litologico della media val Sessera.

1. Granuliti basiche di tipo gabbro-noritico.
2. Granuliti di tipo charnockitico.
3. Granuliti di tipo gabbriaco con granato.
4. Granuliti acide (stronaliti).
5. Gneiss biotitico-sillimanitici (p.p. migmatitici).
6. Filoni plumasitici e pegmatitici.
7. Principali linee di frattura.

Premessa.

La formazione basica Ivrea-Verbanò nel suo andamento generale NE-SW interessa un lungo tratto della Val Sessera.

Il torrente Sessera è un importante affluente di destra del fiume Sesia, nel quale confluisce poco a S di Borgosesia. Il suo andamento, costituito nella parte terminale da un arco ad ampio raggio con la



Fig. 2. — La media val Sessera vista da monte a valle, fotografata da Alpe Sambuca.

concaività volta a N, assume un andamento molto irregolare con brusche variazioni di direzione nel tratto più a monte, che è appunto quello interessato dalla formazione basica Ivrea-Verbanò.

Lo studio petrografico di questo tratto di valle è derivato dal fatto che tra i principali motivi di ricerca della Sezione petrografica dell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Modena, vi è quello iniziato da alcuni anni riguardante l'accertamento petrografico e strutturale di alcune fasce stronalitiche, che interessano l'intera formazione lungo tutta la sua estensione e conseguentemente compaiono anche in questo tratto meridionale.

L'esistenza di differenziati acidi nella parte biellese della formazione era già stata segnalata e cartografata da Franchi (1905); la sua interpretazione era rimasta però molto dubbiosa e non collegata agli affioramenti di stronaliti, che Artini e Melzi (1900) avevano descritto nella zona Valsesiana della stessa formazione. Parimenti la rappresentazione cartografica era parsa ad un primo esame non aderente alla realtà litologica e strutturale. Abbiamo perciò ritenuto opportuno fornire indicazioni più esaurienti sia su queste bande stronalitiche, sia sul loro inquadramento nel resto della formazione. A tale scopo abbiamo effettuato campagne di rilevamento nella zona, che per la natura spesso inpervia del terreno offriva notevoli difficoltà a un completo esame geolitologico.

Hanno collaborato alle ricerche, oltre agli autori, il Dott. Roberto Barbieri, il Dott. Auro Vezzani, il Dott. Dino Baldan, il Dott. Romano Rinaldi e il Dott. Dagoberto Anceschi. Per la tettonica interpretata dai fotogrammi aerei abbiamo avuto la collaborazione del Dott. Rodolfo Geimini dell'Istituto di Geologia della Università di Modena.

Il problema della nomenclatura petrografica.

Una delle prime difficoltà incontrate nel presente lavoro è costituita dall'Impiego di una terminologia petrografica appropriata.

Come è noto la formazione basica Ivrea-Verbanò è stata considerata per lunghi anni e da molti lo è ancora, un classico esempio di batolite magmatico, con variazioni litologiche esse pure di tipo magmatico, dalla diorite alla peridotite. Tale convinzione spinse anche Artini e Melzi (1900) a considerare differenziazioni magmatiche da gabbrì le stronaliti, pur riconoscendo in esse una singolare somiglianza con le granuliti tipiche della Sassonia. In più recenti studi sulla formazione, sia da parte nostra (CAPEDE 1968) (LOSCHI-GHITTONI 1969) (BERTOLANI 1968), sia da parte svizzera (SCHMID 1966) è stato posto in evidenza che le rocce dell'Ivrea-Verbanò hanno subito una più o meno intensa azione metamorfica di alto grado, per cui sono da considerare attualmente rocce decisamente metamorfiche. La maggior parte di esse è inquadrabile nella facies delle granuliti, sia subfacies ad anfibolo sia a pirosseno. Nasce perciò il problema se è necessario e conveniente abbandonare la vecchia nomenclatura magmatica per adottarne una adatta ai tipi di rocce metamorfiche qui esistenti. La questione è già

stata trattata da Schmid (1968) per la parte settentrionale della formazione. Egli non accetta il termine granulite acida o basica, considerandolo riservato a rocce a grana minuta come quelle originali. Accenna alla possibilità di usare i nomi delle rocce eruttive precedute dal prefisso « meta », ossia rocce magmatiche metamorfosate, denunciando però perplessità dovute al fatto che non sempre una prima genesi magmatica è accettabile. Preferisce invece ricorrere ai termini « Granofels » e « Granogneiss », indicazioni strutturali geneticamente non impegnative, la prima per le rocce non orientate e la seconda per quelle orientate; inoltre usa nomenclature paragenetiche come « Pyriboliti » (rocce a pirosseno e anfibolo) e « Pyriclasiti » (rocce a pirosseno e plagioclasio), rifacendosi alle proposte di Berthelsen (1960). Riteniamo che nella nomenclatura italiana sia difficile introdurre il termine « Fels », oltretutto eccessivamente vago. Anche le definizioni Pyriclasite e Pyribolite sono scarsamente indicative, perché si limitano a citare un paio di componenti che non sempre sono i più caratteristici. Non sarebbe da escludere l'uso integrale della nomenclatura, largamente collaudata, delle serie charnockitiche, che trovano qui rispondenza di tipi e di situazione geologica; questo uso andrebbe però concordato in sede internazionale o per lo meno tra le nazioni che si affacciano sull'arco alpino. Pure usabile, a nostro parere, sarebbe il termine granulite, nel senso di roccia granulare, specificando caso per caso il grado di acidità e le principalissime caratteristiche paragenetiche. Sappiamo però che questo urta contro le posizioni di coloro che vogliono restringere ai soli tipi classici il nome granulite e non estenderlo a tutti i tipi che rientrano in questa facies.

Sia pure con qualche perplessità la nostra preferenza è andata ugualmente all'impiego del termine granulite che ci indica immediatamente una situazione accertabile di facies, associandovi una qualifica riferita al nome tradizionale, di solito appartenente alla nomenclatura intrusiva, con eventuali specificazioni paragenetiche. Perciò le nostre proposte sono le seguenti:

Granuliti acide o *stronaliti*: rocce quarzoso feldspatiche, talvolta zonate, di solito granatifere, con feldspato usualmente pertitico e quarzo includente aghetti di rutilo. Talvolta può comparire sillimantite e grafite oppure pirosseno rombico accessorio. In quest'ultimo caso si ha una forma di passaggio al tipo seguente.

Granuliti acide di tipo charnockitico: hanno paragenesi identica alle charnockiti tipiche (quarzo, feldspato peritico, iperstene), manca la caratteristica colorazione quasi nera, perciò l'aspetto macroscopico differisce notevolmente dalle charnockiti sensu stricto.

Granuliti intermedie: appartengono ancora alle stromaliti. Differiscono dalle granuliti acide per la carenza di quarzo. Spesso anche per la diminuzione del feldspato potassico.

Granuliti intermedie di tipo charnockitico: si differenziano dalle granuliti acide di tipo charnockitico per una diminuzione di quarzo e ortoclasio; uno di questi due minerali può anche scomparire.

Granuliti basiche di tipo gabbrico, noritico, pirossenitico, anortositico: si tratta di rocce a paragenesi del tutto simile a quella delle corrispondenti rocce intrusive, ma con ricristallizzazione metamorfica. Ai nomi di queste rocce si potrà aggiungere anche, se veramente caratteristica, l'indicazione di un minerale componente estraneo o poco comune nella normale paragenesi magmatica con speciale riferimento al granato. Si potranno perciò avere granuliti basiche di tipo gabbrico, noritico, ecc. a granato, ad anfibolo, ecc.

Questa classificazione, pur non essendo priva di difetti (necessita infatti di una profonda conoscenza petrografica delle rocce), presenta il vantaggio di indicare immediatamente il grado di metamorfismo e di basicità e la paragenesi fondamentale.

Ricerche petrografiche.

Granuliti acide o stromaliti.

Abbiamo ritenuto di comprendere in questa categoria quelle rocce con quarzo superiore al 10% e prive o poverissime di pirosseno. Perciò il termine di granulite acida è più ristretto di quello di stromalite, che nell'intenzione di Artini e Melzi (1900), comprendeva anche rocce più povere di quarzo.

Tra le granuliti acide occorre fare una distinzione tra tipi privi di sillimanite e grafite e tipi contenenti questi due minerali. Già uno di noi (BERTOLANI 1968) ha fatto questa distinzione, ritenendo che la genesi delle due rocce potesse considerarsi sostanzialmente diversa: la

prima attraverso azioni metasomatiche, forse anche su materiale basico, la seconda per metamorfismo di materiale originariamente sedimentario.

Le granuliti acide senza sillimanite e grafite hanno la seguente paragenesi: quarzo, feldspato, solitamente pertitico, con possibilità di presenza di strutture sia micropertitiche, sia antipertitiche, sia meso-



Fig. 3. — Granuliti acide (Stronaliti) fortemente zonate in località Rieo.

pertitiche. Pressoché costante il granato. Tra i minerali accessori i più comuni sono: il rutilo, sia in cristalli bruni poco trasparenti, sia in numerosi aghetti nel quarzo, l'apatite e lo zircone, generalmente scarsi. In qualche caso come accessori si hanno pochi cristalli di pirosseno rombico o lamine di biotite o prodotti di alterazione da questi derivati.

Le granuliti acide con sillimanite e grafite si differenziano dalle altre quasi unicamente per la presenza di questi due minerali. Si tratta sempre di sillimanite in grossi cristalli, molto simili a quelli delle granuliti acide della Valle Strona (BERTOLANI 1968b). La grafite è in laminette più o meno abbondanti, sempre notevolmente contorte.

In tutte le granuliti acide la microstruttura è granoblastica, il colore per lo più è bianco o giallognolo o grigiastro, comunque sempre chiaro.

Il *plagioclasio* in cui sono possibili misure esiste solo nelle granuliti acide senza sillimanite e grafite, dato che nell'altro tipo è presente quasi solo in lacinie micropertitiche. Le misure al Fedoroff danno i seguenti valori:

Campione	2V	% Anortite
A6	-84°	38
DB23	-74°	27
VA10	+88°	35
09V	-88°	33

Il *feldspato potassico* può essere mesopertitico o micropertitico e talvolta compaiono le geminazioni del microclino. Misure effettuate al Fedoroff fanno registrare i seguenti valori:

Campione	2V
A6	-78°
VA22	-80°
DB23	-78°
D6	-76°

Ci riserviamo di fornire in un secondo tempo dati ottici e chimici sul tipo di granato esistente qui e nelle altre rocce granatifere esaminate nel presente lavoro.

Abbiamo eseguito misure quantitative della composizione modale e in parte analisi chimiche sui seguenti campioni (Tab. 1 e 2):

Campione	Località
A6	Al termine della prima ansa che il T. Sessera compie verso S, dopo il Santuario del Cavallero; q. 555.
VA22	Alpe Prozione (Trivero).
DB23	Casa del Clero del Propiano Brovarone (Trivero).
D13	Crinale tra Alpe Graccio dell'Asino e Alpe Balmaccia (M. Barone); q. 1550.
D6	Versante destro della valle del Canale Ranzola (M. Barone); q. 1420.

Campione	Località
C8	Cappella di Carecca, crinale E della valle del R. Confienzo.
VA10	A W del Santuario della Novarea.
VA15	Strada del Piancone, tra il Santuario della Novarea e la galleria.
A12 bis	T. Sessera, nei pressi della centralina automatica.
09V	Sentiero tra Alpe Sambuga e Cappella di Carecca.
DB28	Panoramica Zegna, presso S. Bernardo.
DB25	Bocchetta di Stavello.

TABELLA 2.

Analisi chimiche di alcune granuliti acide della Val Sessera.

	A6	VA22	DB23	D13	D6	C8
SiO ₂	74.97	76.94	73.63	76.15	74.54	67.50
TiO ₂	0.40	—	—	tr.	0,10	1.30
Al ₂ O ₃	11.47	12.74	17.96	12.74	17.07	14.90
Fe ₂ O ₃	0.64	0.16	0.36	tr.	0.03	0.76
FeO	0.25	0.71	1.92	0.26	0.57	7.61
MnO	tr.	tr.	0.09	tr.	0.05	0.10
CaO	1.75	1.08	1.47	1.12	1.26	0.91
MgO	0.76	0.96	0.30	0.10	0.25	3.12
Na ₂ O	2.87	1.25	2.58	4.40	1.82	0.22
K ₂ O	6.00	5.06	0.98	5.00	4.00	1.56
P ₂ O ₅	0.04	0.05	tr.	0.16	0.06	0.04
H ₂ O ⁺	0.31	0.31	0.94	0.54	0.67	0.91
H ₂ O ⁻	0.04	0.10	0.17	0.15	0.13	0.37
	99.50	99.36	100.40	100.62	100.55	99.30

Granuliti acide di tipo charnockitico.

Si differenziano dalle granuliti acide per la presenza di piro-seno rombico; ma questa differenza, che impartisce alla roccia un aspetto assai diverso, soprattutto per la colorazione generalmente verdastra, non è la sola. Esistono diversità anche accertabili col chimismo e sufficientemente costanti. Ad esempio la più bassa percentuale di

silice, che da valori intorno al 70% delle granuliti acide, si riduce a valori del 60%, e la più elevata percentuale di calcio, che passa dall'1% CaO al 5-6% CaO.

Come abbiamo già detto, queste rocce hanno una strettissima somiglianza microscopica con le charnockiti originarie dell'India. La paragenesi è data da quarzo, superiore al 10% in volume dell'intera composizione; feldspato, presentante tutti i tipi compresi tra un plagioclasio antipertitico e un ortoclasio micropertitico; pirosseno rombico. Possono comparire talora granato e biotite. Gli accessori più comuni sono apatite, zircone, rutilo e minerali opachi.

Esistono anche tipi particolari di granuliti acide di tipo charnockitico, si tratta degli « Schlieren » contenuti nelle granuliti acide, ossia dei tipi indicati da Schmid (1966) come Pyriclasiti per la Val d'Ossola e da uno di noi (BERTOLANI 1964) come granuliti pirosseniche per la Valle Strona.

La struttura in ogni caso è chiaramente granoblastica e questo rappresenta uno dei fattori più importanti per l'attribuzione di queste rocce alla categoria delle metamorfiche.

Il quarzo presenta di solito estinzione ondulata e contiene sottili aghetti di rutilo.

Il feldspato potassico normalmente è inferiore, come quantità, al plagioclasio e giunge fino a valori modali molto bassi, sotto forma di semplici lacinie antipertitiche. In qualche caso compare la geminazione albite-pericline, ma anche quando essa non esiste, il feldspato potassico fa registrare alti valori dell'angolo assiale ottico, attribuibili a ortoclasio di bassa temperatura:

Campione	2V
D11	—78°
A8	—80°
D3	—76°

Il plagioclasio è un termine di media acidità, di solito geminato albite, pericline, albite-pericline. La maggioranza delle geminazioni appare primaria, ma esistono esempi di geminazioni secondarie, in cui detta geminazione tende a scomparire in alcune parti del cristallo. Una delle caratteristiche del plagioclasio è quella di essere antiperti-

tico; tale caratteristica si potrebbe fissare come regola per questo tipo di rocce. Misure al Fedoroff hanno fornito i seguenti dati:

Campione	2V	% Anortite
A8	-84°	33
VA5	-88°	46
DB13	90°	45
DB17	+85°	40
D11	+86°	39
A5	+86°	37
B1	-82°	33
D19	+80°	61 (schlieren)

Il *pirosseno rombico* è di solito iperstene con netto pleocroismo α rosa, β giallino, γ verde azzurro. Solo in pochi casi si hanno termini meno ferriferi, riferibili a bronzite.

Campione	2V	% enstatite	
A8	-60°	68	iperstene
VA5	-58°	67	iperstene
DB13	-64°	71	bronzite
DB17	-60°	68	iperstene
D11	-56°	63	iperstene
B2	-68°	76	bronzite
D19	-72°	77	bronzite

Come si vede il campione D19 rappresenta un tipo complessivamente diverso, avendo il plagioclasio nettamente più basico e il pirosseno rombico meno ferrifero. Come è indicato sopra, si tratta di uno schlieren tra le granuliti acide.

Il *granato* è presente solo in pochi campioni. In sezione sottile ha colore leggermente roseo, fatto che lo differenzia da quello delle granuliti acide.

La *biotite* è accessoria col pleocroismo α giallino, $\beta = \gamma$ bruno rossastro.

I minerali opachi sono rappresentati da *ilmenite*, *pirrotina*, *pirite*, rara *calcopirite*, *limonite*; non è mai presente grafite.

TABELLA 4.

Analisi chimiche di alcune granuliti acide di tipo charnockitico della Val Sessera.

	A8	VA5	DB13	DB17	D19
SiO ₂	67.30	61.40	57.58	61.24	61.44
TiO ₂	0.30	0.40	0.60	0.69	0.20
Al ₂ O ₃	16.79	17.18	19.11	17.33	15.03
Fe ₂ O ₃	0.25	0.73	1.00	0.40	0.92
FeO	4.00	5.19	7.12	5.72	5.71
MnO	tr.	0.10	0.26	0.11	0.11
CaO	2.93	6.30	6.23	6.87	5.82
MgO	1.81	1.51	1.66	1.61	6.60
Na ₂ O	1.44	3.64	2.96	3.84	2.01
K ₂ O	2.62	0.73	0.36	1.18	0.25
P ₂ O ₅	0.04	0.08	0.09	0.05	0.11
H ₂ O ⁺	0.72	0.18	1.84	0.69	0.88
H ₂ O ⁻	0.10	3.00	0.79	0.09	0.20
	99.39	100.44	99.60	99.82	99.28

Dei seguenti campioni sono state determinate le composizioni modali e per alcuni sono state eseguite le analisi chimiche (Tab. 3 e 4):

Campione	Località
A8	Presso la confluenza del T. Sessera col Rio Ardeccia.
VA5	Rico. A S. di Punta della Civetta.
DB13	Baso (Trivero).
DB17	Presso la Bocchetta di Stavello (Trivero).
D19	A q. 2020 sul sentiero che segue il crinale a N di M. Barone.
D11	A q. 1440. Immediatamente a NW di Alpe Balmaccia, nella zona di M. Barone.
011V	Sulla strada per la Centrale Zegna a q. 660.
D3	A q. 1360, presso Alpe la Bura.
A5	All'inizio della prima ansa del T. Sessera, verso S; a W del Santuario del Cavallero, sul sentiero. q. 540.
A10	Presso la centralina automatica sul Sessera.
B2	Presso Alpe Col Meula.

Granuliti intermedie.

Si differenziano dalle granuliti acide solamente per la mancanza o scarsità di quarzo. Possono essere considerate anch'esse strolaliti. Come nel caso precedente il pirosseno rombico può essere presente come accessorio; coll'aumento di tale pirosseno si passa alle granuliti intermedie di tipo charnockitico.

Anche in questo caso si hanno due varietà: una senza e una con sillimanite o grafite. La paragenesi nel primo caso è data da poco quarzo, feldspato abbondante tra cui di solito predomina il plagioclasio, e saltuariamente granato o pirosseno rombico accessorio. I feldspati sono anche qui generalmente pertitici.

Nel secondo caso non compare mai il pirosseno rombico, vi si aggiunge invece la sillimanite, talvolta la grafite e il granato.

Per le granuliti intermedie senza sillimanite e grafite sono state eseguite le seguenti misure al tavolino universale:

Campione	2V plag.	% An.	2V ortocl.
D12	+88°	34	-76°

Le granuliti intermedie con sillimanite e grafite hanno fornito i seguenti dati:

Campione	2V plag.	% An.	2V ortocl.
A7	+85°	36	-78°

La *sillimanite* si presenta anche qui in cristalli grandi e non in fasci di aghetti di tipo fibrolitico.

Dei seguenti campioni riportiamo le composizioni modali (Tab. 5) e per alcuni le analisi chimiche (Tab. 6).

Campione	Località
D12	a q. 1520 sul crinale tra Alpe Graccio dell'Asino e Alpe Balmaccia.
A7	alla confluenza tra il Rio Ardeccia e il T. Sessera.
B6	Torrente Sessera. Presso Pianchina.

TABELLA 5.

Composizione modale di alcune granuliti intermedie.

	D12	A7	B6
Quarzo	2.4	9.2	—
Pertite	91.6	77.0	54.5
Firosseno rombico	2.5	—	—
Granato	0.5	8.9	35.3
Biotite	0.1	—	0.6
Sillimanite	—	0.8	0.2
Clorite	1.2	—	—
Alter. epid. serie.	0.8	—	3.8
Accessori	0.6	0.1	2.0
Opachi	0.3	4.0	3.6
	100.0	100.0	100.0

TABELLA 6.

Analisi chimiche di granuliti intermedie.

	D12	A7
SiO ₂	60.95	56.27
TiO ₂	0.22	0.75
Al ₂ O ₃	20.38	19.39
Fe ₂ O ₃	1.52	2.00
FeO	1.12	7.93
MnO	—	0.11
CaO	3.71	4.56
MgO	0.50	2.01
Na ₂ O	4.96	3.55
K ₂ O	5.60	1.62
P ₂ O ₅	0.06	0.05
H ₂ O ⁺	0.19	1.35
H ₂ O ⁻	0.67	0.04
	99.84	99.63

Granuliti intermedie di tipo charnockitico.

Rappresentano forme di passaggio tra le granuliti acide di tipo charnockitico e le granuliti di tipo gabbrico e noritico. La differenza sostanziale con le granuliti acide di tipo charnockitico è data dalla bassa percentuale di quarzo, che può arrivare alla totale scomparsa.

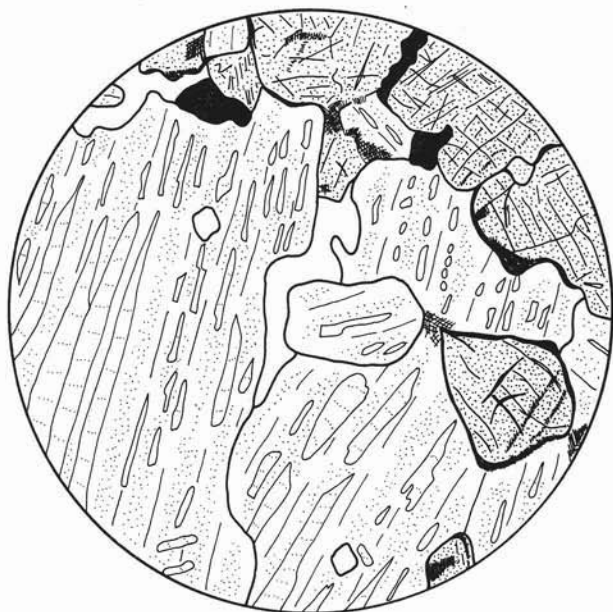


Fig. 4. — Granulite intermedia di tipo charnockitico (Val Sessera - Italia). Disegno originale al microscopio.

Ipersthene (a punteggiatura forte), antiperthite (con isole a punteggiatura minuta), quarzo (bianco), opachi (nero). 57 ingr.

In tale caso si può parlare ancora di granuliti intermedie di tipo charnockitico qualora nella composizione figurino ortoclasio e il plagioclasio abbia una percentuale di anortite inferiore al 50%.

Vi compare sempre il pirosseno rombico, talvolta accompagnato da pirosseno monoclinico, sempre però subordinato al rombico.



Fig. 5. — Charnockite intermedia (Diga di Pykara - India). Stessa simbologia della fig. 4. In più cristallino idiomorfo di apatite. 57 ingr.



Fig. 6. — Charnockite intermedia (Bahia, Brasile). Stessa simbologia delle figure 4 e 5. 57 ingr.

Il *plagioclasio*, come già detto, è solitamente antipertitico e assolutamente predominante sull'ortoclasio. Misure al tavolino universale hanno fornito i seguenti dati:

Campione	2V	% anortite
A15	+82°	42
B4	+88°	42
VA24	+80°	45
C4	+70°	48

Il *granato* è saltuario e generalmente roseo in sezione sottile. Il *pirosseno rombico* ha fatto registrare i seguenti valori dell'angolo assiale ottico:

Campione	2V	% enstatite	
A15	-58°	66	iperstene
B4	-60°	68	iperstene
VA24	-62°	70	iperstene
C4	-55°	62	iperstene

Si tratta perciò sempre di iperstene con netto pleocroismo α rosa pallido, β giallino, γ verde azzurrino.

I seguenti campioni sono stati misurati quantitativamente al tavolino integratore (tab. 7), di due è stata eseguita l'analisi chimica (tab. 8):

Campione	Località
A15	Strada del Piancone; 50 m. a valle della galleria; riva destra Sessera; q. 620.
B4	Torrente Sessera. Presso Pianchina.
VA24	a E della località All'Oro; q. 700.
C4	Rio Confienzo, immediatamente a N di Cima dell'Inferno.

TABELLA 7.

Composizione modale di alcune granuliti intermedie di tipo charnockitico.

	A15	B4	VA24	G4
Quarzo	8.2	4.3	0.7	1.0
Plagioclasio pertitico	73.1	78.8	78.6	73.6
Ortoclasio	—	—	1.8	—
Pirosseno rombico	11.9	12.5	8.7	16.2
Pirosseno monoclinio	—	—	—	2.7
Granato	—	—	1.2	—
Biotite	—	—	0.2	—
Clorite	0.6	—	2.0	—
Alter. epid.-serie.	1.7	0.3	2.3	—
Accessori	1.9	1.9	2.4	4.0
Opachi	2.6	2.2	2.1	2.5
	100.0	100.0	100.0	100.0

TABELLA 8.

Analisi chimiche di granuliti intermedie di tipo charnockitico.

	A15	VA24
SiO ₂	55.52	47.00
TiO ₂	1.60	1.24
Al ₂ O ₃	18.60	19.24
Fe ₂ O ₃	1.88	3.38
FeO	5.30	6.41
MnO	0.12	0.13
CaO	7.45	13.89
MgO	3.24	4.06
Na ₂ O	4.52	1.96
K ₂ O	0.78	0.16
P ₂ O ₅	0.07	0.07
H ₂ O ⁺	0.23	1.43
H ₂ O ⁻	0.13	0.49
	99.44	99.46

Granuliti basiche di tipo noritico.

Sono le noriti della nomenclatura tradizionale, le rocce più tipiche e diffuse della formazione basica Ivrea-Verbano. Sono caratterizzate dalla presenza del pirosseno rombico, sempre compreso tra un'iperstene e una bronzite. Vi si possono associare un pirosseno monoclinico di tipo augitico, orneblenda basaltica e plagioclasio notevolmente anortitico. Tra gli accessori sono comuni apatite, zircone, biotite ai quali si associa in qualche caso spinello verde. I minerali opachi di solito sono abbondanti, costituiti per la maggior parte da ilmenite, alla quale si associano pirrotina, pirite e più raramente calcopirite. E' abbastanza eccezionale, ma non rarissima, la presenza di plagioclasio antiperitico, talvolta accompagnato da pochissimo quarzo. In questo caso la granulite di tipo noritico tende a differenziarsi in direzione delle rocce più acide già descritte, pur facendo registrare un chimismo ancora legato al tipo classico.

La presenza di minerali non caratteristici di un magmatismo noritico, come ortoclasio e quarzo, può convalidare ulteriormente l'ipotesi che le differenziazioni delle rocce della formazione basica siano avvenute per via metamorfica.

La struttura microscopica è granoblastica senza accenno all'idiomorfismo per nessun minerale.

Sul pirosseno rombico sono state effettuate misure al tavolino universale per l'angolo assiale ottico, ottenendo i seguenti risultati:

Campione	2V	% enstat.	
A2	-68°	74	bronzite
D4	-60°	68	iperstene
D9	-60°	68	iperstene
D16	-60°	68	iperstene
D22	-61°	70	iperstene

Il pleocroismo è α rosa pallido, β giallino, γ verdino con diversa intensità di colorazione in dipendenza del contenuto in Fe. Si è notato che l'intensità di colore è altamente indicativa nell'identificazione dei termini iperstenici.

Il *pirosseno monoclinico* accompagna spesso quello rombico, ma sempre ad esso quantitativamente subordinato. Nella massima parte dei casi è di colore verdino, non pleocroico. Nel campione A2 si sono ottenuti i seguenti valori: $2V = +44^\circ$, $e:\gamma = 42^\circ$.

TABELLA 9.

Composizione modale di alcune granuliti basiche di tipo noritico.

	D4	05V	D9	D16	010V
Plagioclasio	69.5	59.2	51.1	61.0	65.3
Ortoclasio	—	—	0.4	0.1	—
Pirosseno rombico	20.3	15.3	26.5	11.7	14.5
Pirosseno monocl.	5.2	6.8	15.7	7.5	4.5
Orneblenda bruna	1.7	5.2	—	0.5	—
Biotite	—	—	—	0.3	9.1
Clorite	0.7	8.4	—	11.0	—
Alteraz. serie.-epid.	0.5	—	3.4	4.4	—
Accessori	0.3	2.7	0.9	1.0	3.1
Opachi	1.8	2.4	2.0	2.5	3.5
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

TABELLA 10.

Analisi chimiche di granuliti basiche di tipo noritico.

	D4	010V
SiO ₂	48.65	44.75
TiO ₂	0.40	1.35
Al ₂ O ₃	22.04	19.55
Fe ₂ O ₃	1.37	0.72
FeO	5.21	11.61
MnO	0.12	0.18
CaO	11.85	9.95
MgO	5.85	9.47
Na ₂ O	1.90	0.32
K ₂ O	0.10	0.04
P ₂ O ₅	—	0.08
H ₂ O ⁺	1.52	1.05
H ₂ O ⁻	0.15	0.21
	99.16	99.28

Il *plagioclasio* è sempre abbondante, intensamente geminato secondo le leggi dell'albite, del periclino e dell'albite-periclino. Sono notevolmente diffuse, specialmente tra i campioni provenienti dal Monte Foggia, geminazioni secondarie sovrapposte alle primarie. In base a determinazioni al Fedoroff si riscontrano le seguenti percentuali in anortite:

Campione	2V	% anort.
D4	+86°	72
D9	+80°	58
D16	+78°	53
D22	+84°	68
A2	+82°	65
B3	+78°	53
010V	+80°	60

L'*anfibolo* o non è presente o è scarso. Si tratta comunque di orneblenda bruna con pleocroismo: α giallino, β bruno o verde bruno, γ giallo bruno o verde. Sul campione D4 sono state effettuate le seguenti misure: $2V = -84^\circ$, $c: \gamma = 14^\circ$.

Nei campioni 010V e D16 compare anche biotite fortemente colorata, con pleocroismo α marroncino chiaro, $\beta = \gamma$ rosso bruno.

E' stata determinata la composizione modale dei seguenti campioni (tab. 9); di due di essi è stata eseguita l'analisi chimica (tab. 10):

Campione	Località
D4	a q. 1460 sul sentiero tra il rifugio La Ciota e Alpe Ponasca, presso Alpe la Bura.
05V	Rio Cavallero, presso il ponte di ferro; q. 825.
D9	Versante destro del Canale Ranzola, di fronte ad Alpe Ranzola; q. 1320.
D16	Valle del Confienzo.
010V	Riva sinistra del Sessera; presso la centralina automatica; q. 650.

Granuliti basiche di tipo gabbriico.

Sono quelle rocce che nella nomenclatura tradizionale prendono il nome di gabbri, gabbri anfibolici e, in parte, gabbri granatiferi, nel senso di Artini e Melzi (1900).

In esse non compare più il quarzo e nemmeno l'ortoclasio, tranne che eccezionalmente; sono perciò molto rare le strutture antipertitiche.

A parte le rocce a granato, per cui Artini e Melzi invocavano già allora processi metamorfici, le altre hanno una paragenesi di roccia magmatica.

I *gabbri propriamente detti* sono formati da plagioclasio, pirosseno monoclinico, pirosseno rombico e biotite, oltre ad apatite, zircone, accessori e minerali opachi.

Il *plagioclasio* è sempre fresco e geminato con le solite emitropie e ha fatto registrare al Fedoroff le seguenti percentuali di anortite:

Campione	2V	% anort.
04V	+76°	60
A11	-88°	78

Il *pirosseno monoclinico* è scarsamente colorato, ad alti colori d'interferenza, con $c:\gamma$ misurato al Fedoroff di 44° e $2V = 47^\circ$; si tratta di augite.

Il *pirosseno rombico* è poco pleocroico con $2V = -70^\circ$, corrispondente a una bronzite col 75% di enstatite.

La *biotite* è relativamente abbondante in lamine pleocroiche dal giallino al bruno rosso.

La microstruttura è di solito minuta.

Riportiamo la composizione modale del campione 04V, proveniente da q. 540 lungo il sentiero sulla riva destra del T. Sessera, all'inizio della prima ansa, a W del Santuario del Cavallero:

Plagioclasio	65.1
Pirosseno monoclinico	10.1
Pirosseno rombico	4.0
Orneblenda bruna	8.9
Biotite	3.5
Clorite	3.0
Accessori (apatite, zircone)	3.2
Opachi	2.2
	100.0

I minerali opachi sono rappresentati da ilmenite, pirrotina e calcopirite; talora sono presenti marcasite e limonite secondarie.

Le *granuliti basiche di tipo gabbrico ad anfibolo*, ossia i tradizionali gabbri anfibolici, a differenza dai precedenti, mostrano un forte arricchimento in orneblenda basaltica, di solito accompagnata da pirosseno monoclinico e pirosseno rombico. Naturalmente l'elemento sialico è il plagioclasio, piuttosto basico, con percentuali di anortite varianti dal 71 all'80%. Oltre ai soliti accessori, apatite e zircone, sono talora presenti spinello e biotite. I minerali opachi, esaminati in sezione lucida sono risultati in grande prevalenza ilmenite e in piccola quantità pirite.

Dei gabbri anfibolici della Val Sessera dà notizie anche la Dott. Loschi-Ghittoni (1969), accompagnandole con una analisi chimica di un campione proveniente dal Piancone e che ritengo utile riportare:

SiO ₂	46.71
TiO ₂	1.25
Al ₂ O ₃	24.20
Fe ₂ O ₃	3.08
FeO	2.99
MnO	0.07
CaO	12.86
MgO	3.60
Na ₂ O	2.94
K ₂ O	0.26
P ₂ O ₅	0.10
H ₂ O ⁺	1.40
H ₂ O ⁻	0.11
	99.57

Le *granuliti basiche di tipo gabbrico a granato* corrispondono, come si è già detto, ai gabbri granatiferi di Artini e Melzi. In essi predomina il pirosseno monoclinico di tipo diallagio, con nette tracce di pani di sfaldatura (100); vi si associa pirosseno rombico moderatamente pleocroico e granato, leggermente roseo in sezione sottile, oltre che, s'intende, plagioclasio. Gli accessori sono orneblenda bruna, biotite, apatite, zircone e opachi.

Il *pirosseno monoclino*, come si è visto, diallagio, presenta le seguenti caratteristiche nel campione D23: $2V = + 58^\circ$, $c : \gamma = 37^\circ 30'$.

Il plagioclasio è un termine meno calcico di quello delle altre granuliti basiche; misure al Fedoroff effettuate sempre sul campione D23, hanno dato: $2V = + 78^\circ$, 55% An.

Dello stesso campione, raccolto a q. 1715 sul sentiero tra la Bochetta a W di Alpe Canalpian e la Valfinale sono state eseguite la composizione modale e l'analisi chimica.

Composizione modale

Plagioclasio	58.0
Pirosseno monoclino	15.0
Pirosseno rombico	2.7
Granato	11.0
Clorite	4.4
Alterazione	
sericitico-epidotica	5.2 (apat., zirc., orneb., biot.)
Accessori	1.2
Opachi	2.5
	100.0

Analisi chimica

SiO ₂	48.77
TiO ₂	1.80
Al ₂ O ₃	20.89
Fe ₂ O ₃	1.13
FeO	7.63
MnO	0.15
CaO	10.30
MgO	4.43
Na ₂ O	3.60
K ₂ O	0.17
P ₂ O ₅	0.37
H ₂ O ⁺	0.73
H ₂ O ⁻	0.28
	100.25

Granuliti basiche di tipo anortositico.

Sono di solito rocce localizzate. Spesso rappresentano differenziati leucocrati dei tipi basici già descritti. Solo alla testata del Rio Cavallero si ha una manifestazione maggiore non compresa in alternanze con rocce normali.

Nel primo caso non si notano differenze nel plagioclasio con le vicine noriti, infatti la percentuale di anortite è risultata del 68% per i campioni D32 e D33, provenienti rispettivamente dal Canale Ranzola e dalla Bocchetta a W di Alpe Canalpian, in alternanza con noriti aventi plagioclasio di composizione del tutto analoga.

Alla testata del Rio Cavallero il plagioclasio è spesso, anche se debolmente, antipertitico, con una percentuale di anortite intorno al 55%, che talora passa a valori più elevati del 70%. Gli individui sono di notevoli dimensioni, assai freschi e ben geminati secondo le leggi già indicate. Gli scarsi femici che accompagnano il plagioclasio sono dati da orneblenda con pleocroismo α giallino, β verde bruno, γ verde.

Internamente all'orneblenda vi è pirosseno, in massima parte cloritizzato. Dai lembi residui si identifica come pirosseno monoclinico.

L'analisi chimica di un campione raccolto alla testata del Rio Cavallero, presso il rifugio La Ciota (D2), ha dato i seguenti risultati:

SiO ₂	48.45
TiO ₂	0.55
Al ₂ O ₃	30.95
Fe ₂ O ₃	0.61
FeO	ass.
MnO	ass.
CaO	13.60
MgO	0.35
Na ₂ O	3.18
K ₂ O	0.25
P ₂ O ₅	0.04
H ₂ O ⁺	0.91
H ₂ O ⁻	0.23
	99.12

Granuliti pirossenitiche.

Sono rocce poco diffuse nella Val Sessera. Si presentano associate agli altri tipi sopra descritti. Sono di due tipi differenziati l'uno dall'altro, come può indicare la composizione modale. Infatti il campione 016V, proveniente dal torrente Sessera, è sensibilmente olivinicco e ricco di orneblenda; il campione DB30, proveniente dalla zona compresa tra Trivero e Castagnea, ha come minerale predominante il pirosseno rombico. L'orneblenda ha funzione di accessorio ed è presente qualche cristallo di plagioclasio.

TABELLA 11.

Composizione modale di alcune granuliti di tipo pirossenitico.

	016V	DB30
Pirosseno rombico	37.3	82.2
Pirosseno monoclinico	1.6	8.1
Orneblenda	40.7	1.0
Olivina	15.4	—
Plagioclasio	—	5.1
Spinello	1.6	2.2
Talco e serpentino	1.7	—
Opachi	1.7	1.4
	100.0	100.0

Nel primo caso il *pirosseno rombico*, in base al $2V = -88^\circ$, è risultato una bronzite all'86% di enstatite. L'*anfibolo* ha pleocroismo α giallino chiaro, β giallo-bruno chiaro, γ bruno chiaro; $c : \gamma = 20^\circ$; $2V = +86^\circ$. Si tratta di un'orneblenda facilmente riscontrabile in rocce ultrafemiche, classificabile come orneblenda magnesiacca, ma con piccole quantità di pargasite (Loschi-Ghittoni 1968).

L'accessorio più frequente è spinello verde.

Il secondo tipo ha il pirosseno rombico con pleocroismo: α rosa pallido, β giallino, γ verdino chiaro; il $2V$ è pari a -55° , corrispondente a un iperstene col 61% di enstatite. Molto spesso questo pirosseno contiene fitte lamelle di smescolamento di pirosseno monoclinico.

Il pirosseno monoclinico è leggermente colorato in grigio, non pleocroico, con $2V = +56^\circ$ e $c:\gamma = 41^\circ$, si tratta quindi di un termine augitico.

Il plagioclasio, determinato al Fedoroff, ha fatto registrare il 64% An. L'orneblenda, accessoria, ha pleocroismo: α bruno molto chiaro, β bruno, γ bruno rosso. L'angolo degli assi ottici è vicino a 90° , il segno della birifrazione negativo.

Anche qui vi è spinello verde, ma molto scuro. I minerali opachi, visti in sezione lucida, sono rappresentati da ilmenite, ben geminata e limonite.

TABELLA 12.

Analisi chimiche di alcune granuliti di tipo pirossenitico.

	016V	DB30
SiO ₂	42.70	49.02
TiO ₂	0.85	0.85
Al ₂ O ₃	9.52	6.81
Fe ₂ O ₃	3.04	0.82
FeO	7.90	8.95
MnO	0.15	0.18
CaO	5.84	9.94
MgO	25.40	21.30
Na ₂ O	1.08	0.40
K ₂ O	0.18	0.03
P ₂ O ₅	0.11	0.07
H ₂ O ⁺	2.23	0.86
H ₂ O ⁻	0.31	0.14
	99.31	99.37

Sono state eseguite misure della composizione modale (Tab. 11) e analisi chimiche (Tab. 12) dei seguenti campioni:

Campione	Località
016V	Strada del Piancone, all'altezza della centralina automatica.
DB30	Sotto la Bocchetta di Stavello (Trivero).

Manifestazioni filoniane.

Le manifestazioni filoniane son di tre tipi:

1. I filoni plumasitici del M. Foggia e del rio Confienzo.
2. Le lenti pegmatitiche di Oro piccolo, del riale Carnascio e di Rivò.
3. Il filone basico del rio Confienzo.

Sui filoni plumasitici della Val Sessera vi è abbondante letteratura. I lavori più recenti sono di Millosevich (1927) e della Loschi-Ghittoni (1959). Il Millosevich, oltre a segnalare e studiare i filoni

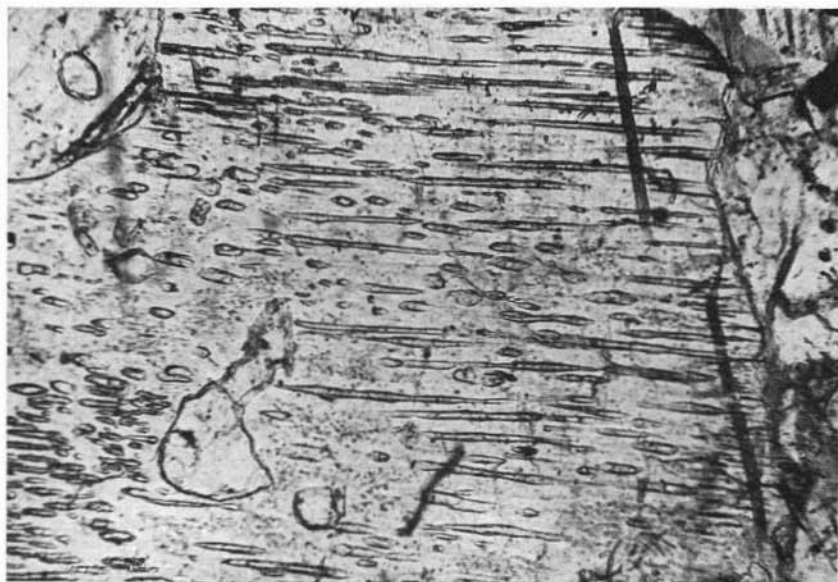


Fig. 7. — D7. Granulite acida (stronalite). Ortoclasio micropertitico.

Solo pol. 126 ingr.

plumasitici a corindone, diede notizia di un tipo di roccia nuovo, che chiamò sesseralite, costituito da una paragenesi gabbriica a corindone. La roccia, secondo le notizie di Millosevich, è stata trovata a contatto con le plumasiti e fu considerata da detto autore una differenziazione periferica molto alluminifera di un magma noritico-gabbriico. Malgrado accurate ricerche non ci è stato possibile ritrovare questo tipo di roccia.

I filoni plumasitici del Rio Confienzo sono assai simili a quelli del M. Foggia; per essi la Loschi-Ghittoni (1969) pensa ad un fenomeno di desilicizzazione, ma non esclude anche l'influenza della mobilizzazione di rocce granulitiche iperalluminifere esistenti qui a breve distanza.

Per le caratteristiche paragenetiche e chimiche delle plumasiti, rimandiamo agli autori sopra citati; facciamo solo notare che queste rocce attraversano sempre granuliti di tipo gabbriico con anfibolo; questo potrebbe essere messo in relazione con la assunzione di silice da parte della roccia incassante a spese dei filoni feldspatici. Facciamo inoltre notare che le zone a plumasite corrispondono a fasce di instabilità tettonica, ricche di miloniti e laminazioni.

La lente pegmatitica di Oro piccolo si estende per circa 85 m. con una larghezza di 30 m. e un'altezza affiorante di 15 m. La grana è grossa e la paragenesi è costituita da plagioclasio di media acidità, quarzo, ortoclasio, biotite e poca muscovite. La struttura è blastomilonitica.

La composizione chimica è la seguente:

SiO ₂	77.48
TiO ₂	0.12
Al ₂ O ₃	13.12
Fe ₂ O ₃	0.13
FeO	0.41
MnO	ass.
CaO	1.96
MgO	0.60
Na ₂ O	2.96
K ₂ O	2.96
P ₂ O ₅	0.04
H ₂ O ⁺	0.51
H ₂ O ⁻	0.02
	100.31

Rocce analoghe, ma di minor consistenza, si trovano più a monte, lungo il rio Carnascio e presso Rivò.

Le rocce incassanti sono di tipo granulitico acido e intermedio.

L'unica manifestazione filoniana basica ritrovata in Val Sessera è rappresentata dall'odinite descritta dalla Loschi-Ghittoni. Rimandiamo al lavoro originario per quel che riguarda la descrizione petrografica e la composizione chimica. Ricordiamo solo che l'autrice fa rilevare l'esistenza in detto filone di azioni metamorfiche.

Distribuzione e giacitura delle rocce.

La principale caratteristica della Valsessera è quella di essere attraversata da due fasce di rocce particolari, molto differenziate rispetto a quelle basiche, che rappresentano i tipici componenti della formazione basica Ivrea-Verbanò. Si tratta di tipi granulitici acidi, in buona parte identificabili con le stroloniti di Artini e Melzi (1900), ma accompagnate da quelle rocce ipersteniche, che tanto assomigliano alle tipiche charnockiti.

Non è facile rappresentare sulla carta le reali alternanze di queste rocce, dato che spesso, in meno di un metro, si ha il passaggio tra granuliti acide, granuliti acide di tipo charnockitico, granuliti di tipo noritico e altre ancora, risultandone così una fitta alternanza di tipi litologici diversi. Occorre perciò considerare la predominanza di un tipo litologico sull'altro, indicandolo in carta come se fosse formato solo dalla roccia predominante.

Le maggiori manifestazioni granulitiche acide seguono la sponda sinistra del rio Confienzo, tagliano il torrente Sessera presso i ruderi della centrale elettrica automatica denominata « Pianchina », contornano la Punta della Civetta e ricompaiono al di là del crinale a monte di Rovoglio, già in territorio di Trivero.

Una seconda fascia, più a valle della prima, scende dall'Alpe Lavazzola verso il M. Barone, dove assume andamento NS, quindi devia verso E fino all'Alpe la Bura.

Affioramenti limitati si osservano ancora presso Rivò e Masseranga e all'Oro piccolo, congiungendosi, con tutta probabilità, con la fascia indicata in precedenza, nella zona di Trivero.

Le granuliti di tipo charnockitico, in parte acide e in parte intermedie, hanno il massimo sviuppo a occidente della prima fascia granulitica acida. Sezioni molto belle si osservano sulla strada del Piancone tra Castagnea e il Santuario della Novarea e tra la Galleria e la Centrale Zegna, nonché nei corrispondenti tratti di torrente. Tali rocce

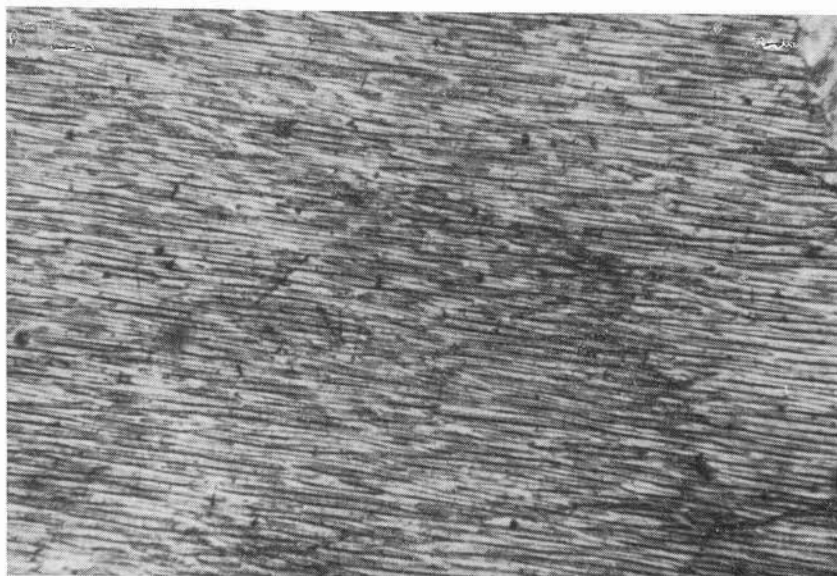


Fig. 8. — D6. Granulite acida (stronalite). Mesoperthite. Solo pol., 210 ingr.

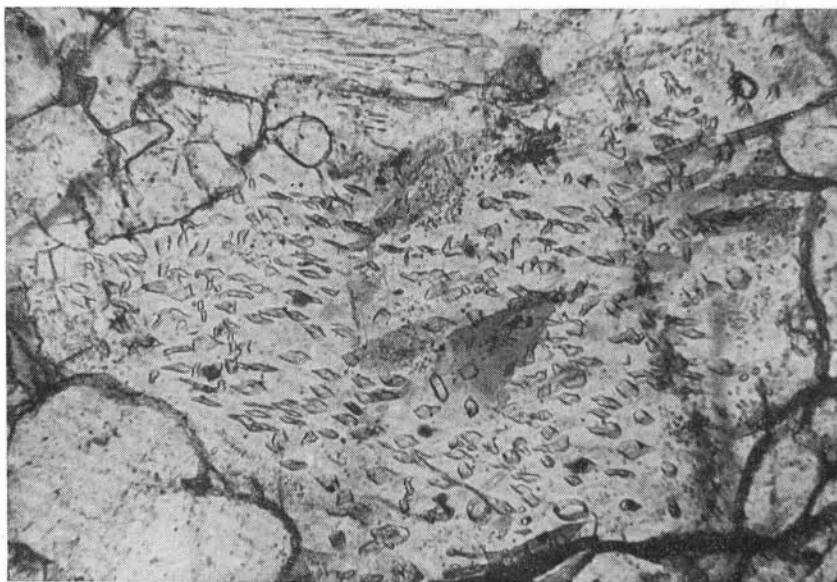


Fig. 9. — D7. Granulite acida (stronalite). Plagioclasio antipertitico con biotite residua al centro. Solo pol., 126 ingr.

si mantengono abbondanti e forse anche aumentano di potenza oltre il crinale con la zona di Trivero, mentre risultano estremamente rare lungo la fascia granulitica acida orientale. Il fatto che non vi sia una differenza netta tra granuliti acide e granuliti di tipo charnockitico, dato che alcune granuliti acide contengono, anche se in piccola quantità, iperstene, consente che si possa passare lungo la stessa banda dai tipi charnockitici ai tipi granulitici acidi. Lo stesso discorso può essere valido per una lente molto sviluppata di granuliti di tipo anortositico esistente alla testata del Rio Cavallero, allineata con le granuliti acide della fascia orientale.

Le granuliti basiche a granato, contrariamente a quanto accade in zone petrograficamente corrispondenti della Valsesia, sono poco sviluppate e discontinue. L'affioramento maggiore è lungo la Panoramica Zegna a SW di S. Bernardo.

Tra le due fasce di granuliti acide, accompagnate dagli altri tipi sopra accennati, predominano le granuliti basiche di tipo noritico, che abbiamo riscontrato anche a E della fascia orientale. A occidente delle bande granulitiche acide assumono sviluppo le granuliti basiche di tipo gabbrico con anfibolo. In esse hanno sede i fenomeni filoniani di tipo plumasitico contenenti corindone. In questa zona occidentale le granuliti basiche di tipo gabbrico con anfibolo, si alternano spesso con granuliti basiche di tipo noritico, separate frequentemente tra loro da potenti fasce milonitiche, che indicano la vicinanza della Linea Insubrica.

Le granuliti basiche di tipo gabbrico, ossia a prevalente pirosseno monoclinico, compaiono sporadicamente e non rappresentano mai estesi affioramenti. Così dicasi delle granuliti ultrabasiche, che solitamente, in zone corrispondenti della Valsesia, sono comprese tra due fasce granulitiche acide e sono spesso ben rappresentate, mentre qui si manifestano con lembi sottili e discontinui.

Nella descrizione petrografica si è parlato di due tipi di granuliti acide con probabile genesi completamente diversa: una di sicura origine « para » l'altra forse anche derivata da materiale basico con processi metasomatici. La presenza di granuliti acide a sillimanite e grafite era già nota per la Valsesia (Bertolani 1968); i ritrovamenti segnalati nel presente lavoro confermano la continuità di queste rocce paraderivate, che rappresentano uno dei fenomeni più significativi per

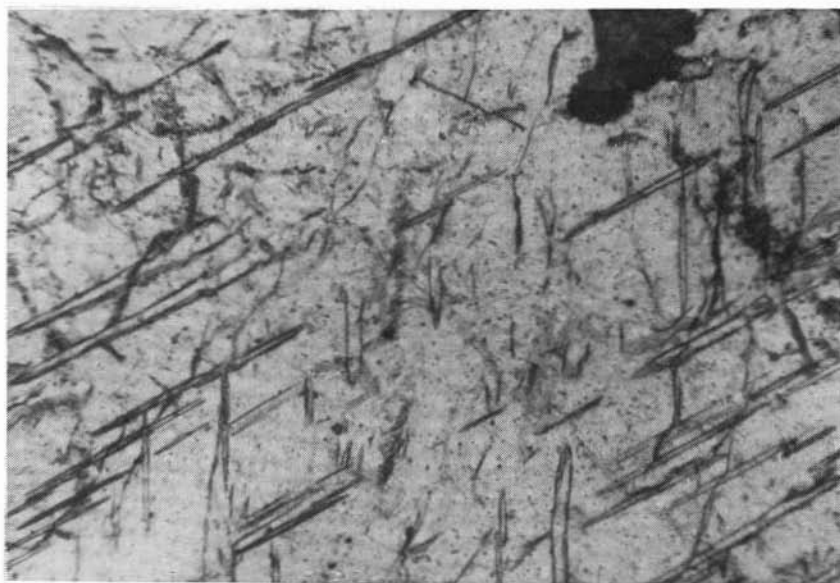


Fig. 10. — B4. Granulite intermedia di tipo charnockitico. Plagioclasio antiper-
títico. Solo pol., 210 ingr.

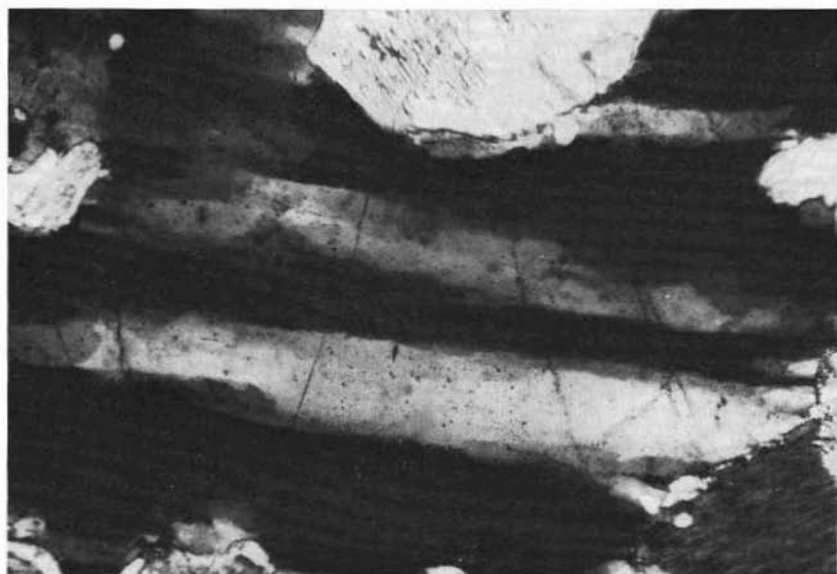


Fig. 11. — VA22. Granulite acida (stronalite). Quarzo appiattito con mesopertiti.
Nicols incr., 63 ingr.

una nuova interpretazione della geologia e petrografia della formazione Ivrea-Verbano.

Le granuliti acide a grafite della Val Sessera sono state identificate lungo uno stesso allineamento, presso la Cappella di Carecca e sul torrente Sessera presso lo sbocco del Rio Ardeccia.

Brevi notizie sulla tettonica.

Dallo studio stereoscopico delle foto aeree è emersa, in tutta la zona della Valsessera esaminata, la presenza di una fitta fratturazione. Per una più esatta idea del fenomeno, si è allargata l'osservazione dalla zona di Trivero verso N fino alla Valsesia e verso W molto al di là della zona studiata dal punto di vista petrografico.

Si nota una serie di grandi fratture allineate e subparallele, che, provenendo da SW; tagliano il torrente Dolca, proseguono verso NE lungo l'asse della valle della Boscarola e imbroccano la Valsesia in corrispondenza di Torno, nei pressi di Scopello. Si tratta dell'imponente complesso tettonico della Linea Insubrica. Senza dubbio si deve attribuire alla vicinanza di tale grande dislocazione la causa dell'intensa fratturazione della formazione basica riscontrata in corrispondenza della Val Sessera. Procedendo verso E, si nota tutta una serie di allineamenti molto marcati, che costituiscono altrettanti sistemi minori paralleli alla dislocazione principale.

La struttura antiforale messa in evidenza dall'andamento delle rocce acide descritte è interessata nella sua parte occidentale proprio da fatti tettonici di questo tipo, particolarmente evidenti lungo la valle del Confinzo e, più a sud, lungo il torrente Sessera, a monte della Centrale Zegna.

Una seconda serie di fratture, chiaramente riscontrabile dalla foto aerea, si propaga con direzione trasversale alla linea Insubrica e interessa la zona studiata specialmente in corrispondenza della Bocchetta di Val Finale e del M. Barone. Alle due serie precedenti si accompagna una fitta rete di dislocazioni minori con varie direzioni, che contribuiscono a caoticizzare minutamente le bande granulitiche. Una situazione di questo tipo si verifica nella zona di Trivero, in corrispondenza della supposta cerniera della struttura antiforale già ricordata. L'andamento di tale struttura è stato messo in evidenza con mi-

sure accurate e sistematiche della zonatura, risultando essa poco evidente dalla foto aerea, proprio a causa dell'intensa fratturazione locale.

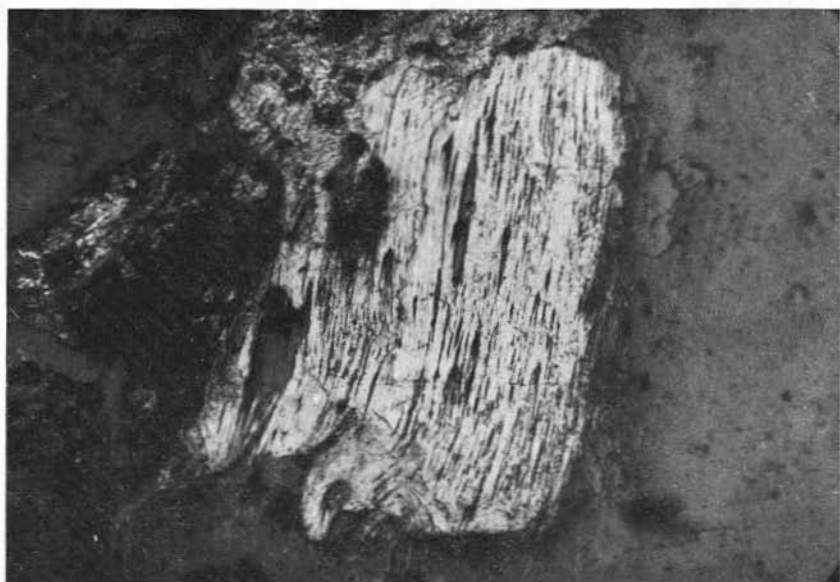


Fig. 12. — A7. Granulite intermedia. Lamina di grafite. Luce riflessa.

Data la particolare complessità della tettonica, tipica di zone cristalline rigide, l'argomento richiede senza dubbio uno studio più approfondito e dettagliato, che potrà essere oggetto di un ulteriore lavoro di carattere più generale.

Indicazioni petrografiche ricavate dalla ricerca.

L'esame delle campionature, le ricerche di laboratorio e la campagna sul terreno, hanno mostrato una notevole complessità nella formazione rocciosa comunemente indicata col nome di Ivrea-Verbanò per il tratto in cui è tagliata dalla Valsessera.

La presenza già segnalata di rocce di tipo charnockitico ha fatto registrare una continuità e una estensione per cui si potrebbe anche

considerare il territorio esaminato come appartenente a una serie charnockitica vera e propria. Esistono infatti i tipi indicati col nome di granuliti acide di tipo charnockitico, che parageneticamente non si differenziano dalle charnockiti originarie dell'India; le analogie sono anche strutturali e riguardano pure i costituenti principali nelle loro caratteristiche ottiche e i componenti accessori; ad esempio le strutture pertitiche passanti da micro ad antipertiti dei feldspati, la natura iperstenica del pirosseno rombico, la percentuale di anortite del plagioclasio, la diffusione degli aghetti di rutilo nel quarzo. Resta la differenza macroscopica nel colore verdastro delle rocce della Val Sesera, verde bluastro, quasi nero, in quelle della zona di origine.

Le altre rocce che accompagnano i tipi charnockitici possono in buona parte essere considerate di un'unica serie, come del resto accade nelle serie charnockitiche dell'India. Notiamo infatti forme di passaggio, da un lato verso tipi ololeneocrati, ossia le granuliti acide, dall'altro verso tipi più basici, che raggiungono le caratteristiche di una pirossenite. Inoltre in tutta la serie, pur verificandosi profonde variazioni di chimismo, resta come caratteristica comune la presenza del pirosseno. Solo in qualche caso il pirosseno, che normalmente è rombico, viene sostituito dal granato.

Tra granuliti acide propriamente dette e granuliti acide di tipo charnockitico non vi è praticamente differenza nel plagioclasio, che presenta lo stesso ordine di grandezza come percentuale di anortite. Ricordiamo che il limite minimo di anortite riscontrato in questi tipi di rocce è del 27%, la media è intorno al 37%.

Nelle granuliti intermedie, sia di tipo normale sia di tipo charnockitico, si nota invece un aumento medio in anortite che passa a valori del 41%.

Abbiamo notato inoltre che nelle granuliti basiche, quelle granatifere sia di tipo gabbrico sia di tipo noritico, presentano un plagioclasio sensibilmente più sodico di quelle senza granato. Infatti, la media nelle rocce a granato è intorno al 55%, in quelle senza granato, ad esclusione delle granuliti di tipo pirossenitico, si riscontrano valori medi della percentuale di anortite intorno al 61%. Nelle granuliti di tipo pirossenitico questo incremento di anortite non si verifica dato che nell'unico campione plagioclasico la percentuale risulta del 64%.

Il feldspato potassico caratterizza i tipi più acidi e decresce abbastanza regolarmente verso i tipi più basici. Mentre nei primi compare spesso sotto forma di micropertite, nelle granuliti di tipo intermedio passa già ad antipertite, ossia si limita a comparire in lacinie, sia pure numerose, nel plagioclasio. Nei tipi basici normalmente non è presente, ad eccezione delle granuliti di tipo anortositico, dove compaiono solo poche lacinie antipertitiche.

In base all'angolo assiale ottico, variante da -76° a -80° , il feldspato potassico si è rivelato microclino o, al massimo, ortoclasio di bassa temperatura. Spesso si può notare la caratteristica geminazione a grata.

Il pirosseno rombico è un termine variabile dalla bronzite all'iperstene. Abbiamo iperstene in quasi tutte le granuliti di tipo charnockitico, nelle noriti invece in alcuni casi si ha bronzite. Nelle granuliti di tipo pirossenitico il pirosseno rombico è decisamente una bronzite spesso povera in ferro.

Il pirosseno monocliino, assai inferiore come presenza rispetto a quello rombico, è un termine augitico, che, in qualche caso presenta le caratteristiche del diallagio.

L'anfibolo è un'orneblenda bruna, con angolo assiale ottico vicino a 90° , di solito negativo. Tuttavia in qualche caso, come già ha avuto occasione di segnalare la Dott. Loschi-Ghittoni (1969), si possono avere anche orneblende otticamente positive. Tale caratteristica ottica diviene regola nelle granuliti di tipo pirossenitico, come già è stato indicato in tipi analoghi della Valsesia (BERTOLANI 1954) e della Valle Strona (LOSCHI-GHITTONI 1968).

L'olivina, presente in un solo caso, è risultata composta dal 33% di fayalite.

L'accessorio più comune è l'apatite, presente in tutti i tipi della serie, un po' meno frequente è lo zircone, più comune nei tipi acidi. Frequenti anche i minerali di titanio, così distribuiti: rutilo nei tipi acidi, sia sotto forma di aghetti nel quarzo e, talvolta, nel feldspato, sia in cristalli bruni. Nei tipi più basici, a cominciare dalle granuliti intermedie, compare l'ilmenite, che in qualche caso ha tendenza a trasformarsi in titanite.

Solo nelle rocce più basiche compare lo spinello di colore verde intenso.

I minerali opachi sono rappresentati dall'ilmenite sopra ricordata, da pirrotina, pirite, limonite, calcopirite e, talvolta, marcasite.

Alla serie sopra descritta non appartengono alcune granuliti acide chiaramente derivate da sedimenti argillosi. Si tratta di tipi che a prima vista non si differenziano dalle altre granuliti acide della serie charnockitica, ma che al microscopio mostrano la presenza di sillimanite, oppure di biotite relativamente abbondante e di grafite. Queste rocce, che rientrano nella categoria delle stronaliti, si possono identificare con le khondaliti ricristallizzate di Subramaniam (1959) coesistenti in India con le charnockiti.

Queste granuliti acide, come rocce pelitiche, sono assai indicative per la facies che può essere identificata con quella delle granuliti pirosseniche o con forme di passaggio tra granuliti pirosseniche e granuliti anfiboliche.

Apparentate con queste stronaliti a sillimanite, troviamo più a E gli gneiss biotitico-sillimanitici, detti anche kinzigitici, rappresentanti lo stesso tipo di roccia in facies anfibolitica e del tutto simili alle khondaliti dell'India.

Le manifestazioni filoniane sono scarse, prevalentemente acide, eccezionalmente basiche. Appartengono al primo tipo le plumasiti corindonifere del M. Foggia (MILLOSEVICH 1927) e del Rio Confienzo (LOSCHI-GHITTONI 1969), tutte in zone molto milonitizzate. Inoltre vi è la grossa lente pegmatitica di Oro Piccolo, presso Portula, e le manifestazioni minori del Riale Carnascio e di Rivò. Per queste manifestazioni l'interpretazione incontra difficoltà potendosi invocare l'influenza delle vicine masse granitiche. Tuttavia il tipo di giacitura e la paragenesi fanno preferire anche per esse una genesi metasomatica. L'abbondanza di biotite può essere spiegata con reazioni avvenute tra mobilizzati pegmatitoidi e minerali femici.

Dell'odinite del rio Confienzo, unico filone basico riscontrato, si è già parlato in un capitolo precedente.

Complessivamente ci troviamo di fronte a rocce di facies granulitica che attraversano la valle, poste in risalto da due larghe fasce stronalitiche all'altezza di Masseranga e in corrispondenza della centrale automatica sul Sessera. Queste due fasce si raccordano nella zona di Trivero lasciando supporre l'esistenza di un'antiforme, il cui nucleo

sarebbe rappresentato dalle rocce basiche comprese tra le due soprannominate fasce. Procedendo ai lati di questo nucleo e specialmente in direzione E, scompaiono granati e pertiti e compare l'orneblenda al posto del pirosseno, ma tale fenomeno non ha una regolarità tale da poterlo accettare come prova di un metamorfismo progressivo.

Differenze sicure riguardanti le rocce d'origine, sono accertabili solo per le stronaliti a sillimanite e grafite, per cui è indubbia una genesi da sedimenti. Per le altre numerose variazioni spesso gradualmente, che hanno portato all'attuale forte differenziazione, riteniamo siano fortemente responsabili le azioni metamorfiche di carattere regionale profondo, accompagnate da migrazioni e ibridazioni, che hanno interessato l'intera formazione.

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Modena. 24 maggio 1970.

BIBLIOGRAFIA

- ARTINI E., MELZI G., 1900 - *Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia*. Mem. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., 18, 219-390.
- BERTHELSEN A., 1960 - *Structural studies in the Pre-Cambrian of Western Greenland. Geology of Tovqussap Nunå*. Meddel. om. Grønland, 123, 17-23.
- BERTOLANI M., 1954 - *Sulla presenza di un anfibolo tipo pargasite nelle rocce ultrabasiche della val Sabbiola (Valsesia)*. Per di Min., 23, 235-243.
- BERTOLANI M., 1964 - *Le stronaliti*. Rend. Soc. Min. Ital., 20, 31-69.
- BERTOLANI M., 1968a - *Fenomeni di trasformazione granulitica nella formazione basica Ivrea-Verbanò (Alpi occidentali italiane)*. Schw. Min. u. Petr. Mitt., 48, 1, 21-30.
- BERTOLANI M., 1968b - *La petrografia della valle Strona (Alpi occidentali italiane)*. Schw. Min. u. Petr. Mitt., 48, 3, 695-732.
- CAPEDE S., 1968 - *Sulle rocce basiche della formazione Ivrea-Verbanò. 1. Considerazioni petrografiche sulla bassa val Mastallone*. Schw. Min. u. Petr. Mitt., 48, 1, 103-112.
- FRANCHI S., 1905 - *Appunti geologici sulla zona dioritico-kinzigitica Ivrea-Verbanò e sulle formazioni adiacenti*. Boll. R. Com. Geol. Ital., 36, 270-298.
- LOSCHI-GHITTONI A., 1968 - *Caratteristiche dell'anfibolo della peridotite di Alpe Campo in valle Strona (Novara)*. Rend. Soc. It. di Min. e Petr., 24, 271-275.
- LOSCHI-GHITTONI A., 1969 - *Nuove manifestazioni corindonifere nella val Sessera (Vercelli)*. Rend. Soc. It. di Min. e Petr., 25, 521-538.
- MILLOSEVICH F., 1927 - *Le rocce a corindone della Val Sessera*. Rend. R. Acc. Lincei. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., S. VI, 6, 22-37.

- SCHMID R., 1966 - *Zur Petrographie und Struktur der Zone Ivrea-Verbano zwischen Valle d'Ossola und Val Grande (Prov. Novara, Italien)*. Schw. Min. u. Petr. Mitt., 47, 935-1117.
- SCHMID R., 1968 - *Schwierigkeiten der Nomenklatur und Klassifikation massiger Katametamorphite, erläutert am Beispiel der Zone Ivrea-Verbano (Norditalien)*. Schw. Min. Petr. Mitt., 48, 1, 81-90.
- SUBRAMANIAM A. P., 1959 - *Charnockites of the type area near Madras. A reinterpretation*. Am. Journ. Sc., 257, 321-353.