

EZIO CALLEGARI*, ROBERTO COMPAGNONI*, GIORGIO VITTORIO DAL PIAZ**,
VALTER FRISATTO***, GUIDO GOSSO*, BRUNO LOMBARDO*

NUOVI AFFIORAMENTI DI METAGRANITOIDI NELLA ZONA SESIA - LANZO (ALPI OCCIDENTALI)****

RIASSUNTO. — Si descrivono brevemente alcuni nuovi affioramenti di metagranitoidi rinvenuti in Valle d'Aosta e nella bassa Valle di Gressoney, nel settore a metamorfismo eclogitico dell'unità inferiore della Zona Sesia-Lanzo (Clapey, Pont S. Martin, Nomaglio e Lillianes-Fontainemore). Si tratta di metagranitoidi scistosi e di gneiss microocchiadini con pronunciata rielaborazione metamorfica e strutturale alpina. Nonostante che i relitti dell'associazione mineralogica primaria siano molto scarsi (ortite, zircone \pm feldspato potassico \pm quarzo), la struttura magmatica appare sovente ancora ben conservata alla scala macroscopica, seppure fortemente deformata. In certi affioramenti i metagranitoidi contengono abbondanti inclusi femici a grana fine, di forma lenticolare più o meno stirata, e sono intersecati da numerosi filoni leucocratici. Sono stati analizzati (elementi maggiori) tre litotipi degli affioramenti di Clapey e di Lillianes-Fontainemore ed altri otto raccolti in aree descritte in lavori precedenti (Punta Ciampono, bassa Valle Artogna, alta Val Vogna, Colle della Mologna, M. Mucrone). I metagranitoidi più integri, con abbondanti relitti dell'associazione magmatica e con la struttura primaria perfettamente conservata, hanno chimismo granodioritico dei magmi NIGGLI (tipi farsunditico e normalgranodioritico). I litotipi più rielaborati dall'evento tettonico-metamorfico alpino, mostrano composizione chimica più varia, da granitica a quarzodioritica. Molte delle variazioni osservate non riflettono differenze di chimismo originario, ma documentano mobilizzazioni di materia durante il metamorfismo.

ABSTRACT. — The pre-Alpine basement of the lower tectonic unit of the Sesia-Lanzo Zone (Austroalpine, Western Alps) consists of high-temperature paragneisses intruded by granite to quartzdiorite bodies accompanied by numerous leucocratic dykes. During the Alpine orogeny the basement was subjected to intense structural and metamorphic reworking, so that the primary relationships between the granitoid rocks and the schists have been almost completely obliterated. Locally some relics of primary sharp intrusive contacts and of the original mineralogy are still preserved (e.g. M. Mucrone). The Alpine metamorphism produced high-pressure low-temperature assemblages in the internal part (jadeite + quartz and glaucophanitic eclogites) and greenschist facies assemblages in the external part of the unit.

Eleven selected samples of metagranitoids from different localities of the Sesia-Lanzo Zone have been analyzed. They comprise rocks with either eclogitic or greenschist facies metamorphic overprint. The least deformed rocks exhibit a chemistry corresponding to Niggli's granodioritic magmas whereas the most deformed ones show a range of composition from granites to quartzdiorites. Most of the observed compositional differences do not reflect the original chemistry, but reflect mobilization of elements during the metamorphism.

* Istituto di Petrografia dell'Università di Torino.

** Istituto di Geologia dell'Università di Padova.

*** Istituto di Geologia dell'Università di Torino.

**** Lavoro eseguito con il contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

I. Introduzione

La zona Sesia-Lanzo e la Falda della Dent Blanche *s.l.* costituiscono, nelle Alpi Occidentali, il sistema tettonico austroalpino. Entrambe si suddividono in due unità indipendenti, separate da un orizzonte potente e continuo di blastomiloniti.

L'unità inferiore è formata nella Zona Sesia-Lanzo, dal complesso dei mica-scisti eclogitici *auct.* e da quello degli gneiss minuti *auct.*; nella Falda della Dent Blanche *s.l.*, dai micascisti eclogitici del M. Emilius e dalla Serie di Arolla dei lembi di ricoprimento Dent Blanche *s.s.*, M. Mary e Pillonet. Litologia e metamorfismo della Serie d'Arolla sono grosso modo equivalenti a quelli del complesso degli gneiss minuti.

L'unità superiore è rappresentata dalla II Zona diorito-kinzigitica nella Zona Sesia-Lanzo e dalla Serie di Valpelline nella Falda della Dent Blanche *s.l.* Essa corrisponde ad un brandello di crosta continentale profonda, priva di copertura e trova origine nella sutura del margine esterno della Zona Ivrea-Verbanò (Alpi meridionali) (F. CARRARO & Al., 1970; G.V. DAL PIAZ & Al., 1971).

La complicata evoluzione geologica, alpina e prealpina, della Zona Sesia-Lanzo è descritta da G.V. DAL PIAZ & Al. (1972, 1973), R. COMPAGNONI & B. MAFFEO (1973), J.C. HUNZIKER (1974), A. BORIANI & Al. (1974) e da R. COMPAGNONI & Al. (1975). Ne riassumiamo brevemente i punti più salienti, limitandoci all'unità inferiore, quella che contiene i metagranitoidi qui descritti.

a) Evoluzione prealpina dell'unità inferiore

Uno o più cicli metamorfici di alta temperatura e pressione indeterminata trasformano una sequenza di peliti, calcari più o meno dolomitici e rocce basiche in un complesso cristallino di paragneiss a biotite-granato-sillimanite-feldspati, con intercalazioni stratoidi e lenticolari di marmi e metabasiti (complesso a metamorfismo pregranitico). Il ciclo si conclude con lo sviluppo di diffusi mobilizzati pegmatitici. Successivamente l'unità inferiore è invasa da grandi corpi di granitoidi, in prevalenza granodioriti, di probabile età tardoercinica.

La loro presa di posizione appare chiaramente intrusiva lungo la dorsale tra la Valle di Gressoney e la Valle del Cervo e in particolare nei dintorni del M. Mucrone, presso Oropa. Altrove, la profonda riorganizzazione strutturale alpina ha modificato completamente l'assetto originario dei contatti, parallelizzandoli alla scistosità regionale alpina. Lievi discordanze sono conservate, a volte, da alcuni dei numerosi filoni leucocratici.

La presenza nella Zona Sesia-Lanzo di una ridotta copertura psammitica o vulcano-detritica di età permo-carbonifera (A. AMSTUTZ, 1962) è una eventualità possibile nel campo delle ipotesi speculative, ma non trova sino ad oggi documentazione in relitti significativi.

b) Evoluzione alpina dell'unità inferiore

Nel Mesozoico la crosta continentale austroalpina dell'elemento inferiore acquisisce una copertura prevalentemente carbonatica, ricca in breccie di scarpata. Essa è ben conservata in alcuni settori della Falda Dent Blanche (M. Dolin, Zona di Roisan) e, dubitativamente, è presente nella Zona Sesia-Lanzo (G. V. DAL PIAZ & AL., 1971). Conclusa la fase tettonica divergente del Mesozoico, la crosta continentale della Zona Sesia-Lanzo è profondamente rielaborata da due episodi tettonico-metamorfici alpini, nettamente separati da un periodo di relativa quiete orogenetica (Paleocene). L'assetto litologico prealpino è conservato soltanto alla scala di relitti mineralogici e strutturali.

Il primo episodio (coalpino) risale al Cretaceo sommitale (G. V. DAL PIAZ & AL., 1972, 1973; J. C. HUNZIKER, 1974). Esso produce associazioni metamorfiche di alta pressione e bassa temperatura (giadeite-quarzo-zoisite-fengite in paragneiss e granitoidi; omfacite-granato nelle rocce basiche) nel settore centrale e meridionale della Zona Sesia-Lanzo ed associazioni di pressione più bassa in quello settentrionale (G. V. DAL PIAZ & AL., 1972; R. COMPAGNONI & B. MAFFEO, 1973). L'unità inferiore della Zona Sesia-Lanzo mostra quindi un gradiente di pressione coalpino che, nell'attuale assetto strutturale, aumenta grosso modo da nord verso sud. Le paragenesi di alta pressione e bassa temperatura mostrano trasformazioni che indicano il progressivo decrescere della pressione col tempo (giadeite → omfacite → glaucofane I → glaucofane II → anfibolo verde azzurro). La temperatura è costante o in lieve aumento. È possibile che una parte di queste trasformazioni rientri già tra gli effetti del successivo evento metamorfico. Il metamorfismo coalpino inizia in condizioni di tipo statico, o comunque in assenza di una scistosità pervasiva, si sviluppa in condizioni sincinematiche ed è seguito da molteplici fasi di deformazione postcristallina. Esso è chiaramente anteriore all'evento tettonico che ha portato la falda austroalpina in ricoprimento sopra la falda piemontese dei calcescisti con pietre verdi. Si tratta quindi di un « metamorfismo trasportato ». Appare quindi plausibile collegare la genesi dell'episodio metamorfico coalpino ad un processo subduittivo che nel Cretaceo superiore coinvolge non solo la crosta oceanica del bacino ofiolitico piemontese, ma anche il margine continentale austroalpino (G. V. DAL PIAZ & AL., 1972). Questo modello d'altronde è l'unico che consente una soddisfacente spiegazione delle condizioni di pressione e temperatura richieste dalla petrologia sperimentale per lo sviluppo di associazioni a giadeite + quarzo.

I paragneiss a metamorfismo pregranitico di alta temperatura ed i granitoidi prealpini sono trasformati, spesso completamente, in para- ed ortomicascisti eclogitici.

Il secondo episodio tettonico-metamorfico alpino si sviluppa tra l'Eocene e l'Oligocene inferiore, coincidendo quindi con il metamorfismo lepontino dell'Ossola-Ticino. Il suo picco termico cade attorno a 38 m.a. Nell'unità inferiore della Zona Sesia-Lanzo esso produce associazioni metamorfiche in facies scisti verdi (albite-epidoto-clorite-attinoto ± biotite verde ± stilpnomelano) ed è accompagnato e seguito

da molteplici deformazioni duttili che completano il raccorciamento crostale della catena, iniziato, in condizioni di tipo più «freddo», nella fase eo-alpina. Le associazioni metamorfiche dell'episodio terziario sono prevalentemente circoscritte al settore esterno dell'intera unità inferiore, dando origine ad orto- e paramiscisti albitici ed a gneiss albitico-fengitici a grana fine, gli gneiss minuti *auct.*

A partire dall'Oligocene medio si ritorna a condizioni geodinamiche distensive e la Zona Sesia-Lanzo è coinvolta nel processo di sollevamento e di smantellamento della catena alpina.

Contemporaneamente si sviluppa un diffuso magmatismo plutonico (con prevalenza di termini monzonitici) e vulcanico (con prevalente carattere trachandesitico) accompagnato da manifestazioni filoniane, comprendenti anche lamprofiri del tipo minette (NOVARESE, 1943; FIORENTINI POTENZA, 1959; PEYRONEL PAGLIANI, 1961; TINTO, 1968; DOGLIO, 1968; BIANCHI & DAL PIAZ, 1963; SCHEURING & AL., 1974; DE MARCO, 1958).

Le determinazioni radiometriche danno per questo magmatismo età comprese tra 33 e 29 m.a. (HUNZIKER, 1974). Poiché le magmatiti tagliano in discordanza tutte le strutture metamorfiche della Zona Sesia, e poiché esse inoltre non mostrano traccia alcuna di metamorfismo, se ne deduce che il ciclo metamorfico alpino doveva essere concluso prima dell'Oligocene medio-superiore.

Tra i vari aspetti della complicata evoluzione geologica della Zona Sesia-Lanzo spicca, per peculiarità e per i riflessi nell'interpretazione geodinamica, la presenza di associazioni a giadeite-quarzo-granato in rocce della crosta continentale, una situazione che nel mondo sembra ripetersi molto raramente. L'approfondimento di questo problema in tutti i suoi aspetti è stato scelto tra i temi del programma triennale (1974-1976) di collaborazione Italia-USA, dedicato al metamorfismo di alta pressione e bassa temperatura nella crosta oceanica e continentale delle Alpi occidentali, coordinato con le ricerche e con i programmi del Centro di studi sui problemi dell'orogeno delle Alpi occidentali del CNR.

Nella campagna di rilevamento dello scorso anno sono stati rinvenuti nel settore eclogitico della Zona Sesia-Lanzo nuovi affioramenti di metagranitoidi. Essi mostrano sensibili analogie con i metagranitoidi della dorsale tra il M. Mucrone ed il Colle della Mologna, dai quali si diversificano soprattutto per una più pronunciata riorganizzazione strutturale alpina e per la presenza di prodotti di trasformazione posteclogitica in facies scisti verdi, da incipienti a diffusi. Alcuni di questi metagranitoidi (Clapey e Lillianes-Fontainemore) ed altri già descritti in precedenza (G. V. DAL PIAZ & AL., 1972, 1973; R. COMPAGNONI & B. MAFFEO, 1973) sono stati analizzati per il presente lavoro. Vi compaiono sia rocce provenienti dal settore eclogitico che da quello in facies scisti verdi.

I risultati delle ricerche mineralogiche, geochimiche e termometriche eseguite in California e Canada su alcuni di questi campioni e su altri materiali, saranno esposti in altra sede.

2. Descrizione dei nuovi affioramenti di metagranitoidi

I metagranitoidi che si trovano compresi, tra prevalenti parascisti, nell'unità inferiore della Zona Sesia-Lanzo, sono particolarmente abbondanti tra la Valle d'Aosta e la Val Sermenza. In questo settore sono frequenti relitti di strutture e di associa-

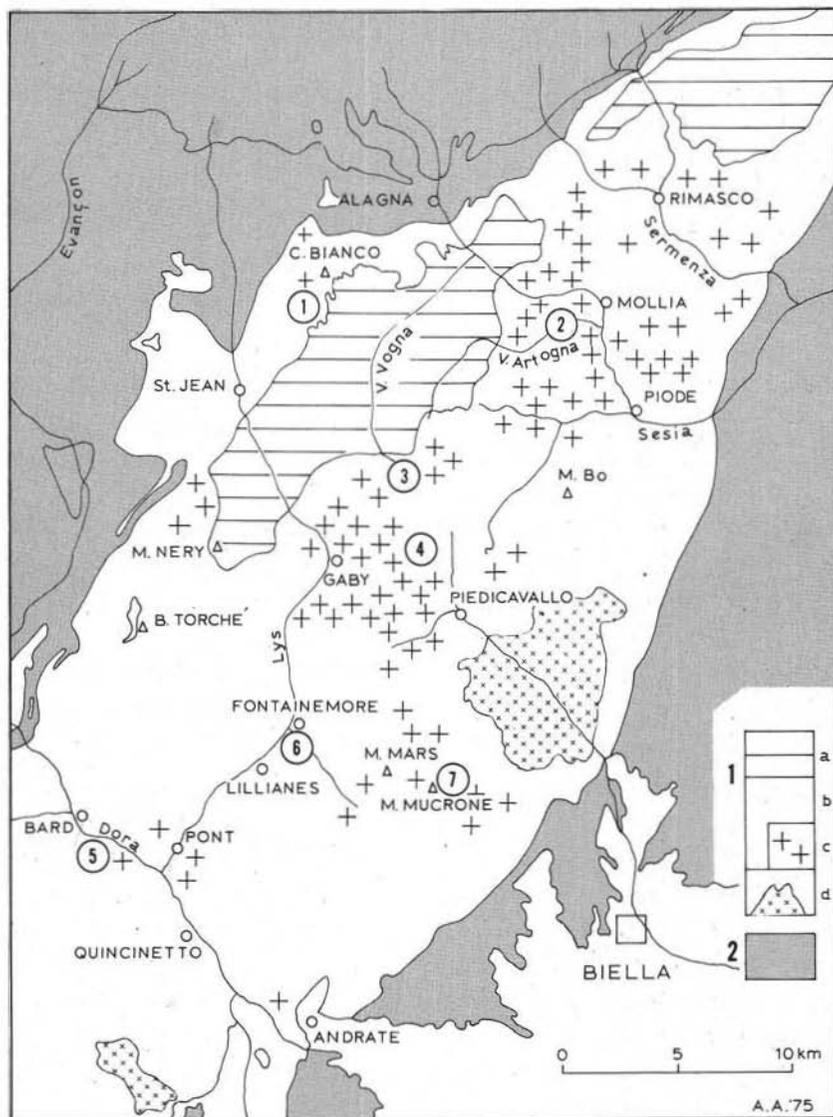


Fig. 1. — Ubicazione dei metagranitoidi analizzati: 1) Punta Ciampono, Gruppo del Corno Bianco; 2) bassa Valle Artogna; 3) alta Val Vogna; 4) Colle della Mologna, versante occidentale; 5) Clapey, presso Donnaz; 6) torrente Lys, tra Lillianes e Fontainemore; 7) M. Mucrone, parete est. LEGGENDA: 1) Zona Sesia-Lanzo: a) unità superiore (II Zona diorito-kinzigitica); b) unità inferiore; c) plutoni oligocenici di Biella e Traversella; 2) Unità circostanti: Zona Ivrea-Verbano e Zona Pennidica.

zioni mineralogiche primarie. Gli affioramenti principali sono rappresentati con buona precisione nei fogli M. Rosa e Varallo della Carta Geologica d'Italia (rilevamenti di S. FRANCHI). Nuovi e significativi affioramenti sono stati rinvenuti in seguito nel settore a metamorfismo eclogitico ed in quello in facies scisti verdi. Sono descritti nei lavori citati in precedenza. Le esposizioni più interessanti sono state osservate lungo la dorsale tra la bassa Valle di Gressoney e la Valle del Cervo e in particolare tra il M. Mucone ed il Colle della Vecchia, dove sono conservati metagranitoidi massicci a giadeite-quarzo-granato e relitti dei loro contatti intrusivi con i parascisti a metamorfismo pregranitico di alta temperatura (G.V. DAL PIAZ & AL., 1972; R. COMPAGNONI & B. MAFFEO, 1973).

Ulteriori affioramenti di metagranitoidi sono stati ritrovati, nel settore a metamorfismo eclogitico, nella bassa Valle d'Aosta, tra Clapey e Donnaz, a Nomaglio (a NW di Andrate) e nei dintorni di Pont St. Martin e, in Valle di Gressoney, tra Lillianes e Fontainemore. La loro distribuzione è riportata schematicamente in fig. 1.

a) *Clapey*

Sulla riva destra della Dora Baltea, tra Donnaz e Clapey, emerge dalle alluvioni un ampio dosso roccioso modellato a dorso di cetaceo. È costituito da metaquarzo-dioriti a grana media, moderatamente scistose e ripetutamente ripiegate. Questi litotipi si caratterizzano per l'abbondanza di quarzo in lenticelle appiattite e di inclusi femici di forma da ovoidale a molto stirata. Vi sono inoltre numerosi filoni leucocratici, spesso intersecantisi. Nell'insieme, l'originaria struttura magmatica è ancora molto evidente nonostante le deformazioni polifasiche e le trasformazioni metamorfiche. Un breve quadro dell'assetto strutturale di questo affioramento è esposto in appendice.

Al microscopio gli unici testimoni dell'associazione primaria risultano ortite e zirconio. Il quarzo grossolano appiattito è generalmente ricristallizzato in aggregati poligonali. La biotite magmatica è sostituita da plaghette fengitiche con granato coronitico. Albite ed epidoti, distribuiti con omogeneità nella matrice, derivano verosimilmente dall'originario plagioclasio. Non vi è traccia di una precedente fase di trasformazione del plagioclasio in giadeite-zoisite, ma ciò non significa necessariamente che non vi sia mai stata. Frequenti relitti di glaucofane mostrano avanzata alterazione in aggregati pseudomorfici di attinoto, biotite verde, albite \pm clorite.

Gli inclusi femici hanno grana molto fine, struttura massiccia e tinta verdastra o bruna. In media hanno lunghezza di 1-3 decimetri e sono più o meno appiattiti in rapporto alla loro posizione nell'ambito della geometria delle pieghe. Sono costituiti da glaucofane più o meno alterato, attinoto, biotite verde, mica bianca, granato, quarzo, albite ed epidoti. Hanno mineralogia analoga a quella dei granitoidi, ma minor quantità di quarzo ed albite. I filoni leucocratici, in genere sottili, corrispondono a gneiss aplitici a mica bianca ed epidoti.

Nei metagranitoidi di Clapey si possono quindi riconoscere relitti macrostrutturali e mineralogici dell'originario assetto magmatico e due distinte fasi metamorfiche. La prima ha caratteri di alta pressione e bassa temperatura, con fengite-granato-glaucofane, forse con pirosseno sodico, la seconda è in facies scisti verdi. Quest'ultima non dispone qui di datazioni radiometriche, ma appare verosimilmente attribuibile all'episodio metamorfico di età Eocene-Oligocene inferiore (lepontino).

b) *Nomaglio*

Al Km 8 della strada tra Borgofranco ed Andrate, a monte di Nomaglio, si osserva una fascia di metaquarzodioriti in rapporti di concordanza con i parascisti eclogitici. Sono tipi scistosi, a grana medio-fine, di colore da grigio chiaro a verdognolo. Essi mostrano una prima associazione metamorfica a pirosseno sodico, granato, fengite, zoisite, quarzo e rutilo ed una seconda ad albite, epidoti, mica bianca II, clorite, attinoto e titanite; significativi tra gli accessori, ortite e zircone. Si osserva inoltre un filone di gneiss aplitico a zoisite e mica bianca.

c) *Lillianes-Fontainemore*

Nella bassa Valle di Gressoney, tra Lillianes e Fontainemore, vi sono vasti affioramenti di metagranitoidi scistosi, a volte fittamente ripiegati. Compagnono lungo l'alveo del Lys ed in alcune vallette tributarie di sinistra, in prosecuzione geometrica dei metagranitoidi del M. Mucrone e del M. Mars. Anche qui sono molto abbondanti gli inclusi femici a grana fine, tinta verdastra e forma estremamente stirata. Non mancano infine i filoncelli leucocratici. Questi affioramenti ricordano, in molti aspetti, quello di Clapey. Si tratta di metaquarzodioriti a quarzo grossolano appiattito, con granato, fengite, pirosseno ed anfibolo sodici di una prima fase metamorfica e successive associazioni in facies scisti verdi ad albite, epidoti, clorite ed attinoto. Il prevalere dei relitti di alta pressione e bassa temperatura o dei loro prodotti di trasformazione metamorfica in facies scisti verdi è generalmente controllato dall'intensità e dalla geometria delle deformazioni post-eclogitiche. Tutte le varietà contengono ortite e zircone.

Negli inclusi femici il pirosseno sodico è molto più abbondante e meglio conservato; vi si associano granato, glaucofane, quarzo e mica bianca. I prodotti della destabilizzazione dei primi (albite, anfibolo verde-azzurro, attinoto) compaiono, assieme ad epidoti, in quantità da subordinata ad accessoria.

Il grado di trasformazione delle associazioni eclogitiche negli inclusi è sensibilmente minore che nelle associate metaquarzodioriti. Questa situazione sembra prevalentemente controllata dalla scarsità di silice libera.

d) *Pont S. Martin*

Anche nei parascisti eclogitici di Pont S. Martin non mancano le intercalazioni concordanti di metagranitoidi ed i filoni leucocratici. Se ne osservano lungo la strada

tra Pont e Perloz (presso il Castellaccio) e nella zona tra Pont, Ivery e Carema. Nel primo caso, un affioramento di piccole dimensioni, si rileva una forte analogia con Nomaglio e Clapey. Nel secondo settore si osservano alcune intercalazioni di metagranitoidi e gneiss microocchiadini, in genere di tipo più leucocratico. Hanno scistosità pronunciata, contengono frequenti porfiroclasti di feldispato potassico e mostrano una avanzata evoluzione metamorfica in facies scisti verdi.

3. Chimismo

Dei metagranitoidi sopradescritti sono stati analizzati tre litotipi rappresentativi degli affioramenti di Clapey e di Lillianes-Fontainemore. Altre otto analisi sono di metagranitoidi e due di inclusi femici provenienti da affioramenti descritti in precedenti lavori: Punta Ciampono, nel massiccio del C. Bianco, bassa Valle Artogna, Val Vogna (G.V. DAL PIAZ & AL., 1971); Colle della Mologna e M. Mucrone (G.V. DAL PIAZ & AL., 1972, 1973; R. COMPAGNONI & B. MAFFEO, 1973). L'ubicazione di questi campioni è indicata in fig. 1. Essi si riferiscono a settori con caratteri metamorfici e strutturali diversi:

- a) settore esterno della Zona Sesia-Lanzo in facies scisti verdi di età lepontina (località 1 in fig. 1; P. Ciampono);
- b) settore in facies scisti verdi di età eoalpina e/o lepontina (località 2; Valle Artogna);
- c) settore al margine della zona eclogitica, con associazioni probabilmente eoalpine a fengite-zoisite-granato-glaucofane e parziale evoluzione in facies scisti verdi (località 3; Val Vogna);
- d) settore a metamorfismo eclogitico con parziali trasformazioni in facies scisti verdi (località 5 e 6; Clapey e Lillianes-Fontainemore);
- e) settore a metamorfismo eclogitico, con strutture primarie ben conservate ed abbondanti relitti mineralogici dell'associazione magmatica (località 4 e 7; Colle della Mologna e M. Mucrone).

Riportiamo qui di seguito i caratteri petrografici essenziali dei singoli campioni analizzati:

- 1) Parete est della Punta Ciampono, massiccio del Corno Bianco (tavoletta Corno Bianco, foglio 29 dell'I.G.M.).
5932 - Gneiss granitoide anfibolico-albitico-epidotico, con quarzo grossolano, mica bianca e scarsa biotite verde.
Caratteri principali: relitti porfiroclastici (sino a 0,5 cm) di orneblenda bruno-verde, con trasformazione parziale in clorite ed attinoto; aggregati di mica bianca e rutilo sagenitico \pm albite, probabili sostituti di biotite primaria; relitti di quarzo magmatico; matrice di albite, quarzo II, epidoti, mica bianca, clorite, attinoto e biotite verde-oliva.

- 2) Bassa Valle Artogna, versante sud del Monte La Cona (tavoleta Campertogno, foglio 30).
CB 149 - Gneiss occhiadino a grana medio-grossa con albite, albite a scacchiera, microclino, quarzo, mica bianca, epidoti e biotite verde-bruna.
- 3) Alta Val V'ogna, presso il laghetto di q. 2226 a sud dell'Alpe Maccagno (tavoleta Gressoney, foglio 29).
OB 92 - Metagranodiorite massiccia a biotite, muscovite e plagioclasio saussurítico, con albite a scacchiera (pseudomorfa di K-feldspato), quarzo, granato, epidoti e fengite.
CB 93 - Incluso femico lenticolare nel precedente a biotite relitta con granato, zoisite e fengite. L'abbondante biotite primaria è parzialmente trasformata in mica bianca minuta e scarso granato coronitico.
- 4) Colle della Mologna, versante ovest (tavoleta Issime, foglio 29).
CB 209 - Metagranodiorite massiccia con struttura olocristallina granulare perfettamente integra. Dell'associazione originaria sono conservati abbondante quarzo a grana grossa e biotite rossa con parziale trasformazione in mica bianca e granato coronitico. Tutto il plagioclasio è pseudomorfosato da aggregati torbidicci di zoisite in ciuffetti e subordinata albite, con rari relitti di giadeite. Quarzo II in minuti aggregati poligonali.
- 5) Clapey, affioramento sulla riva destra della Dora Baltea (tavoleta Bard, foglio 42).
MEC 60 - Metaquarzodiorite scistosa a lenticelle appiattite di quarzo, con albite, fengite, granato, epidoti, clorite, attinoto e con relitti di glaucofane e di raro pirosseno sodico.
MEC 61 - Metaquarzodiorite analoga alla precedente, ma con scistosità più marcata, meno quarzo e quantità assai maggiore di mica bianca.
- 6) Lillianes-Fontainemore, lungo il letto del torrente Lys (tavoleta Lillianes, foglio 42).
MEC 84 - Metaquarzodiorite molto scistosa ad albite, quarzo, epidoti e fengite, con abbondanti relitti di pirosseno sodico, granato e glaucofane.
- 7) Monte Mucrone, parete est (tavoleta Lillianes, foglio 42).
MEC 97 - Metagranodiorite massiccia con struttura ed abbondanti componenti magmatici ben conservati. Caratteri principali: l'associazione primaria è rappresentata da quarzo grossolano, biotite rossa e scarso feldspato potassico. Le trasformazioni metamorfiche, tutte riferibili alla fase eoalpina di alta pressione e bassa temperatura, sono: plagioclasio → giadeite + quarzo + zoisite; biotite → fengite con corona di granato; quarzo → quarzo II, fine e poligonale.
MEC 100 - Metagranodiorite a giadeite, zoisite e granato. Litotipo analogo al precedente.
MEC 102 - Incluso lenticolare nel precedente, a grana fine, di colore verdognolo, costituito da giadeite, granato, fengite, quarzo e zoisite.

TABELLA 1
Composizione chimica e formule magmatiche

	5932	CB.92	CB.93	CB.149	CB.209	MEC.60	MEC.61	MEC.84	MEC.97	MEC.100	MEC.102
SiO ₂	59.60	69.55	59.56	63.20	68.50	69.40	62.07	64.83	66.60	69.42	62.21
Al ₂ O ₃	17.12	15.34	16.35	16.71	15.42	13.65	16.40	15.81	16.31	14.84	16.16
Fe ₂ O ₃	2.36	0.69	1.33	1.39	0.31	0.93	1.23	1.35	0.36	0.35	0.62
FeO	4.10	2.22	6.62	4.10	3.75	3.63	4.28	3.54	3.99	3.15	5.46
MnO	0.12	0.04	0.14	0.14	0.07	0.06	0.09	0.07	0.07	0.06	0.10
MgO	2.20	0.86	2.48	0.86	1.18	1.76	2.41	2.01	1.22	0.88	1.88
CaO	5.18	2.50	4.43	3.01	3.54	3.36	3.99	4.65	3.93	2.95	3.10
Na ₂ O	3.32	4.01	1.32	4.52	3.41	2.92	1.74	3.06	3.54	2.98	4.82
K ₂ O	3.26	2.52	3.88	3.69	1.75	1.78	4.14	1.51	2.15	3.00	3.00
TiO ₂	0.76	0.41	0.97	0.55	0.56	0.68	0.60	0.76	0.58	0.49	0.99
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.17	0.15	0.16	0.18	0.18	0.20	0.18	0.12	0.17
105°	n.d.	0.07	0.12	0.09	0.11	0.07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
1050°	2.01	1.41	2.07	1.61	1.14	1.60	2.95	1.77	1.02	1.64	1.56
totale	100.15	99.73	99.44	100.02	99.90	100.02	100.08	99.56	99.95	99.88	100.07
Formule magmatiche (secondo P. NIGGLI)											
si	203.3	333.7	210.6	247.5	305.6	315.6	235.8	257.5	277.9	333.2	226.7
al	34.4	43.2	34.0	38.6	40.7	36.6	36.7	37.0	40.1	41.7	34.6
fm	28.7	17.6	36.1	22.3	22.8	29.0	30.6	27.7	22.3	19.5	28.7
c	18.8	12.7	16.8	12.7	16.9	16.4	16.2	19.8	17.5	15.2	18.8
alk	18.0	26.5	13.2	26.3	19.6	18.0	16.4	15.5	20.0	23.0	17.9
k	0.40	0.29	0.66	0.35	0.25	0.29	0.61	0.25	0.29	0.40	0.39
mg	0.39	0.34	0.36	0.22	0.34	0.42	0.45	0.43	0.34	0.31	0.36

Tipi magmatici

5932 (P.Ciampono): magmi granitici, tipo opdalitico; CB.92 (Val Vogna): magmi trondhjemitici, tipo leucoquar-zodioritico; CB.93 (Val Vogna): magmi granodioritici, tipo tonalitico; CB.149 (Valle Artogna): magmi graniti-ci, tipo adamellitico; CB.209 (Colle della Mologna): magmi granodioritici, tipo farsunditico; MEC.60 (Clapey): magmi quarzodioritici, tipo normalquarzodioritico; MEC.61 (Clapey): magmi granitici, tipo opdalitico; MEC.84 (Lillianes-Fontsinemore): magmi quarzodioritici, tipo normalquarzodioritico; MEC.97 (M. Mucrone): magmi granodioritici, tipo farsunditico; MEC.100 (M. Mucrone): magmi granodioritici, tipo normalgranodioritico; MEC.102 (M. Mucrone): magmi granitici, tipo opdalitico.

I tipi più rappresentativi dei metagranitoidi analizzati sono quelli del M. Mucrone e del Colle della Mologna (MEC 97, MEC 100, CB 209). Conservano abbondanti relitti dell'associazione mineralogica primaria e la loro struttura magmatica non è modificata dal metamorfismo coalpino di alta pressione e bassa temperatura che si sviluppa con trasformazioni pseudomorfiche in assenza di scistosità. Tutti questi litotipi hanno un chimismo corrispondente a quello dei magmi granodioritici di NIGGLI. Le variazioni, da tipi farsunditici a normalgranodioritici, esprimono verosimilmente, più che differenze chimiche originarie, variazioni legate a limitate mobilizzazioni metamorfiche connesse con la parziale trasformazione del K-feldspato in mica bianca ± albite.

Per gli altri metagranitoidi, litotipi con una riorganizzazione metamorfica e strutturale assai più pronunciata, il chimismo appare più vario, da granitico a quarzo-

dioritico. Ci troviamo di fronte ad oscillazioni di composizione attorno al tipo medio precedente, dovute probabilmente a locale redistribuzione di elementi mobili (in particolare alcalini) durante il metamorfismo con sviluppo di scistosità pervasiva.

Si consideri ad esempio il caso del campione CB 92 (gneiss occhiadino dell'alta Val Vogna) che al microscopio appare come una metagranodiorite moderatamente deformata, con abbondanti relitti mineralogici e strutturali dell'originaria roccia magmatica. In essa il K-feldspato originario appare sostituito pseudomorficamente da albite a scacchiera e ciò spiega perchè la roccia mostri attualmente un chimismo trondhjemitico, diverso da quello granodioritico originario.

Una riprova dell'esistenza dei processi di mobilitazione di materia durante il metamorfismo alpino si ricava anche dal confronto delle analisi dei campioni MEC 60 e MEC 61, entrambi raccolti nell'affioramento di Clapey. Questi due campioni sono stati scelti a rappresentare lo stesso metagranitoide con differenti gradi di evoluzione strutturale, MEC 61 avendo una più marcata tessitura scistosa che non MEC 60. Già l'esame microscopico mette in evidenza una diversa distribuzione quantitativa dei costituenti mineralogici essenziali, cui corrisponde un diverso chimismo globale delle due rocce; MEC 60 si accosta al tipo normalquarzodioritico dei magmi quarzodioritici di NIGGLI, mentre MEC 61 corrisponde al tipo opdalitico dei magmi granitici.

Da quanto sopra esposto appare evidente che l'utilizzazione del chimismo degli ortoderivati metamorfici rivolto alla definizione dei caratteri petrochimici originari delle corrispondenti magmatiti deve essere fatto con la più grande cautela.

È pertanto ancora prematuro tentare un confronto su basi petrochimiche fra i metagranitoidi qui considerati e quelli appartenenti al settore esterno della Zona Sesia-Lanzo (« gneiss minuti ») analizzati da D. LATTARD (1974) o quelli compresi nella Serie di Arolla della Falda Dent Blanche analizzati da E. DIEHL & AL. (1952). Un primo grossolano confronto rivela in alcuni casi forti analogie, in altri apprezzabili differenze. Si ritornerà tra breve su questo argomento, quando il chimismo dei metagranitoidi della Zona Sesia-Lanzo sarà meglio definito da una serie di nuove analisi in corso.

A p p e n d i c e

Evoluzione strutturale delle metaquarzodioriti scistose di Clapey

Uno studio strutturale di dettaglio è in corso da tempo su alcune aree particolarmente significative della Zona Sesia-Lanzo (dorsale Col d'Olen-Corno Bianco-P. Carestia; M. Mucrone; bassa Valle d'Aosta; Valle dell'Orco), coordinato dall'Istituto di Geologia Strutturale dell'Università di Leiden. Si anticipa qui quanto emerso dall'analisi strutturale del piccolo affioramento di Clapey.

Nell'affioramento di Clapey si trova esposta, su di una superficie montonata di circa 10.000 mq, una metaquarzodiorite nella quale sono ancora riconoscibili alcuni

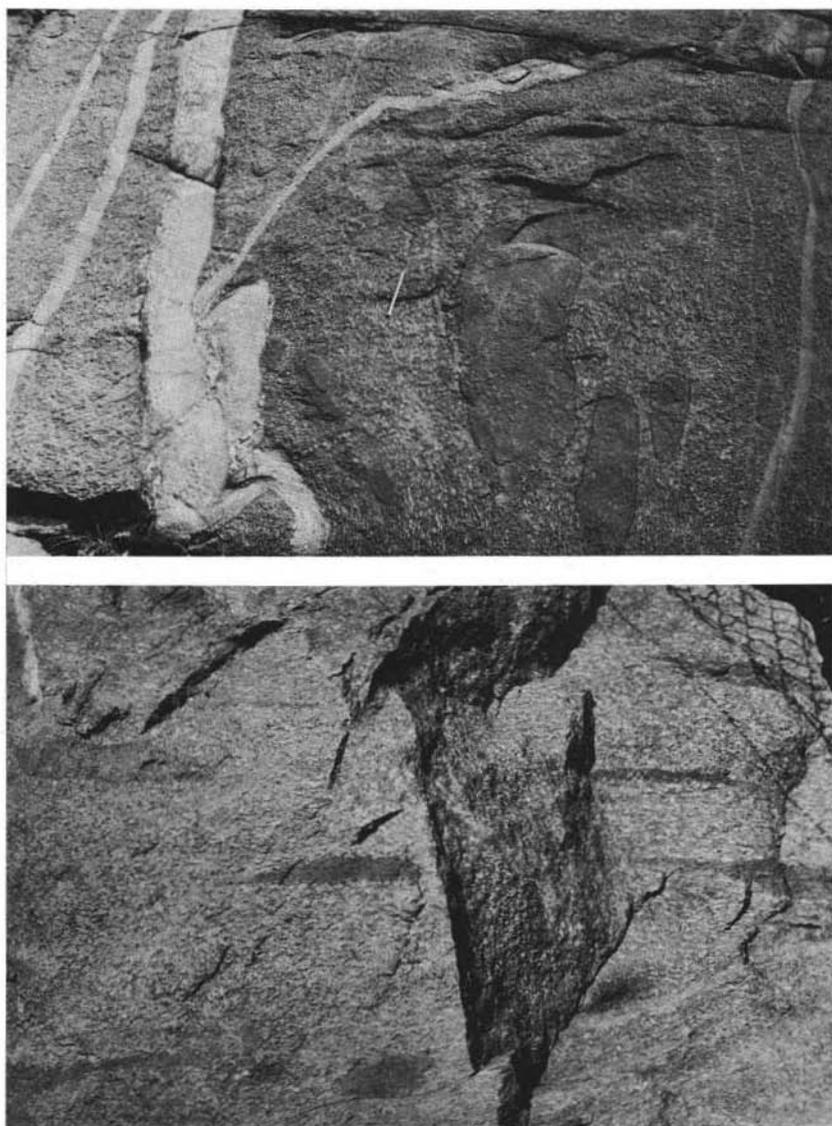


Fig. 2. — Metaquarzodiorite di Clapey. Si riconoscono inclusi femici moderatamente deformati nella facies a tessitura più massiccia (foto superiore), e fortemente allungati nella facies più scistosa (foto inferiore). Nella foto superiore si osservano inoltre alcuni dei numerosi filoni aplitici che tagliavano l'originaria quarzodiorite. (N.B.: per maggior chiarezza i contorni degli inclusi femici sono stati sottolineati sull'affioramento).

motivi strutturali primari, quali relitti della struttura granitoida e la presenza di filoni aplitici e di abbondanti inclusi autigeni a composizione più femica (vedi fig. 2). Essi permettono di seguire in dettaglio l'evoluzione metamorfo-strutturale di questi granitoidi.

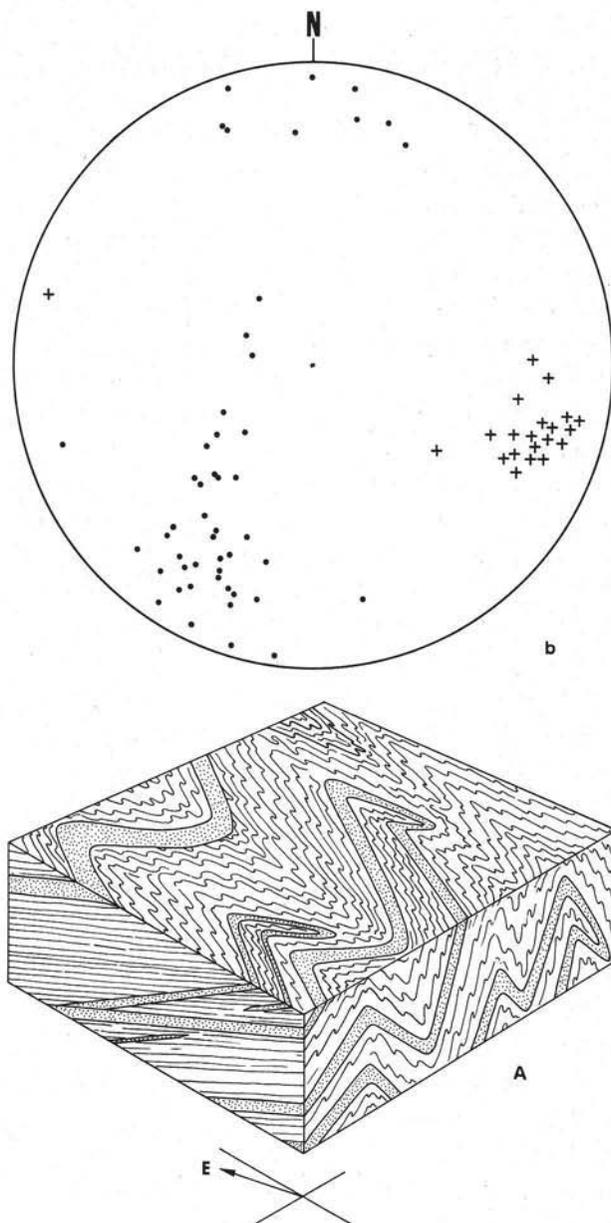


Fig. 3. — A: stereogramma schematico di una porzione rappresentativa dell'affioramento di metagranitoidi presso Clapey. La faccia anteriore destra corrisponde ad un profilo orientato circa NS e misura 5 m circa di base. Il tipo di interferenza tra le due generazioni di pieghe è assimilabile al tipo 3 di RAMSAY (1967). Tratto fine: foliazione nei metagranitoidi; punteggiato: filoni aplitici. B: proiezione stereografica equivalente di 49 poli della foliazione del granito e della litologia dei filoni (punti) e di 21 assi b relativi ad entrambe le generazioni di pieghe.

Come markers della deformazione sono utilizzabili da un lato i filoni aplitici, dall'altro la più antica foliazione dei granitoidi, individuata sul terreno soprattutto dall'orientazione dimensionale preferenziale degli aggregati policristallini derivanti dai granuli di quarzo magmatico.

Per riassumere le osservazioni effettuate alla scala mesoscopica facciamo uso di una rappresentazione grafica tridimensionale schematica (fig. 3). La fase deformativa più evidente è rappresentata da un sistema di pieghe a scala metrica, il cui senso di asimmetria indica trattarsi di pieghe parassite sul fianco di una struttura a scala maggiore. Sia i filoni che la foliazione del metagranito appaiono ripiegati solidalmente da questa fase, che mostra geometria aperta, cerniere arrotondate ad assi concentrati attorno a 20° verso 105° . Un intenso micropiegamento di dimensioni centimetriche si accompagna nella maggior parte dei casi a queste pieghe nella massa granitica, senza tuttavia dare origine ad un franco crenulation cleavage. Anche gli inclusi autigeni, dove si presentano in sciami, ripetono visibilmente la geometria di queste pieghe maggiori.

Un esame più accurato permette di accertare come i filoni aplitici che disegnano le pieghe sopra descritte siano a loro volta già ripiegati isoclinalmente (1). Esiste quindi una generazione di pieghe più antica rispetto a quelle di geometria aperta. Questa fase isoclinale è riconoscibile anche nella geometria della foliazione dei metagranitoidi, per quanto con molto minore evidenza a causa della mancanza di un layering litologico.

Distribuito in modo irregolare, e presente solo nei metagranitoidi là ove esiste un più marcato layering mineralogico con abbondante fengite, si riconosce un crenulation cleavage centimetrico con forte immersione ad E. Esso non appare associato con pieghe rilevabili alla scala di questo affioramento.

Sono inoltre riconoscibili tre differenti tipi di fratture mineralizzate: 1) quarzo + rutilo; 2) epidoto \pm quarzo; 3) quarzo \pm clorite. Il tipo 1) è il più antico essendo piegato già dalla generazione di pieghe isoclinali e maschera spesso la continuità delle bande aplitiche, oscurando il riconoscimento delle strutture. Gli altri due sistemi di vene sono invece postcinematici: il tipo 2) è solo debolmente ondulato ad amplissimo raggio ed immerge fortemente intorno ad E, mentre il tipo 3) è perfettamente planare ed immerge di circa 70° intorno a 120° . La mineralogia della più antica generazione di vene (quarzo + rutilo) indica che esse molto probabilmente si sono formate alla fine dell'evento metamorfico coalpino. Se ciò è vero, dal momento che tali vene sono interessate da tutte le fasi deformative osservate, se ne deve dedurre che le fasi di piegamento osservate in questo affioramento sono posteriori all'evento metamorfico coalpino.

(1) Nonostante l'esistenza di queste due generazioni di pieghe gli originari rapporti discordanti tra i filoni sono localmente ancora riconoscibili.

BIBLIOGRAFIA

- AMSTUTZ A. (1962) - *Notice pour une carte géologique de la Vallée de Cogne et de quelques autres espaces au sud d'Aoste*. Archives Sci. Genève, 15, 1-104.
- BIANCHI A. & DAL PIAZ Gb. (1963) - *Gli inclusi di « micascisti eclogitici » della Zona Sesia-Lanzo nella formazione porfirica permiana della zona del Canavese fra Biella ed Oropa. Caratteristiche ed età dei fenomeni metamorfici*. Giornale di Geologia, Sez. 2^a, 31, 39-76.
- BORIANI A., DAL PIAZ G. V., HUNZIKER J. C., VON RAUMER J. e SASSI F. P. (1974) - *Caratteri, distribuzione ed età del metamorfismo prealpino nelle Alpi*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 165-225, 1975.
- CARRARO F., DAL PIAZ G. V. & SACCHI R. (1970) - *Serie di Valpelline e II Zona Diorito-Kinzigitica sono i relitti di un ricoprimento proveniente dalla zona Ivrea-Verbanò*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 197-224.
- COMPAGNONI R. & MAFFEO B. (1973) - *Jadeite-bearing Metagranites l.s. and Related Rocks in the Mount Mucrone Area (Sesia-Lanzo Zone, Western Italian Alps)*. SMPM, 53, 355-378.
- COMPAGNONI R., DAL PIAZ G. V., GOSSO G., HUNZIKER J. C., LOMBARDO B. e WILLIAMS P. (1975) - *The Sesia-Lanzo Zone, a tectonic slice of the Austro-alpine continental crust with HP-LT assemblages*. Internal report 2 of the Italia-USA cooperative project.
- DAL PIAZ G. V., GOSSO G. e MARTINOTTI G. (1971) - *La II zona diorito-kinzigitica tra la Valsesia e la Valle d'Ayas (Alpi occidentali)*. Mem. Soc. Geol. It., 10, 257-276.
- DAL PIAZ G. V., HUNZIKER J. C. e MARTINOTTI G. (1972) - *La zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne*. Mem. Soc. Geol. It., 11, 433-466.
- DAL PIAZ G. V., HUNZIKER J. C. e MARTINOTTI G. (1973) - *Excursion to the Sesia-Zone of the Schweizerische Mineralogische-petrographische Gesellschaft, 30 Sept.-3 Oct. 1973*. SMPM, 53, 477-490.
- DE MARCO L. (1958) - *Su alcuni floni lamprofirici radioattivi del complesso Sesia-Lanzo*. Studi e ric. div. Geom. CNRN, 1, 499-526.
- DIEHL E. A., MASSON R. e STUTZ H. (1952) - *Contributi alla conoscenza del ricoprimento Dent Blanche*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 17, 52 pp.
- DOGLIO E. (1968) - *Manifestazioni eruttive dell'alto Vallone del Bersella (Valchiusella, Ivrea)*. Tesi di laurea ined., Ist. di Mineralogia, Univ. Torino.
- FIorentini POTENZA M. (1959) - *Distribuzione delle principali facies petrografiche e della radioattività nel plutone « sienitico » di Biella (Valle del Cervo)*. Rend. S.M.I., 15, 89-132.
- HUNZIKER J. C. (1974) - *Rb-Sr and K-Ar Age Determinations and the Alpine Tectonic History of the Western Alps*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 31, 54 pp.
- LATTARD D. (1974) - *Les roches du faciès schiste vert dans la zone de Sesia-Lanzo (Alpes Italiennes)*. Thèse 3^e cycle, Lab. Petrogr. Univ. Paris VI.
- NOVARESE V. (1943) - *Il sistema eruttivo Traversella-Biella*. Mem. descr. Carta Geol. Ital., 28, 90 pp.
- PEYRONEL PAGLIANI G. (1961) - *Chimismo e differenziazione delle rocce nel settore occidentale del plutone di Biella*. Rend. Ist. Lomb., Cl. A, 95, 317-334.
- RAMSAY J. (1967) - *Folding and fracturing of rocks*. McGraw-Hill, New York, 568 pp.
- SCHEURING B., AHRENDT H., HUNZIKER J. C. e ZINGG A. (1974) - *Palaeobotanical and Geochronological Evidence for the Alpine Age of the metamorphism in the Sesia-Zone*. Geol. Rundschau, 63/1, 305-326.
- TINTO A. (1968) - *Ricerche petrografiche sul massiccio di Traversella*. Tesi di laurea ined., Istituto di Mineralogia, Univ. Torino.