

M. BERTOLANI, G. TOGNETTI, G. SIGHINOLFI, A. G. LOSCHI

RICERCHE PETROGRAFICHE
NELLA BASSA VALLE STRONA (NOVARA) (*)

Riassunto. — Rassegna delle formazioni rocciose incontrate nella bassa valle Strona in provincia di Novara, studiate coi metodi petrografici. Alcune di queste rocce: gneiss kinzigitici, anfiboliti, calcefiri, rappresentano originari sedimenti metamorfosati in catazona e in parte modificati per metatessi e per blastesi. Altre rocce, di tipo dioritico, beerbachitico e forse pegmatitico, appartengono a una successiva fase magmatica. Sono dovute a trasformazione dei tipi precedenti le contattiti pneumatolitico-idrotermali e le migmatiti e anche taluni tipi fillonitici.

Abstract. — Review of the rocky formations found in the lower part of the Strona Valley (Novara, Italy), studied with petrographic methods. Some of these rocks (kinzigitic gneiss, amphibolites, marbles) represent the primitive sediments which have been partly involved with metamorphism in katazone and which have been partly altered through metatexis and blastesis. Other rocks, of dioritic, beerbachitic and probably pegmatitic type belong to a subsequent phase. The pneumatolytic-hydrothermal rocks of contact, the migmatites and also some phyllonitic types derive by transformation from the preceding type.

Introduzione.

La valle Strona ha inizio dalle cime del Capezzone (m. 2421 s.m.) e dell'Altemberg (m. 2394 s.m.); scende con andamento W-E fino a Forno, devia verso S e all'altezza dell'Orlo di Testa, riprende il suo andamento primitivo W-E fino al Prelo, per poi puntare decisamente verso SE in direzione di Omegna.

Fino a questa città la valle è stretta, incassata tra due sponde ripide e presenta un fondovalle con sezione a V di erosione fluviale, che passa ad U ad una quota di circa 300 metri superiore per il modellamento dei ghiacciai pleistocenici.

Oltre Omegna, lo Strona, rasentato il lago d'Orta nella sua estremità settentrionale, si dirige su Gravellona in una valle aperta, limitata a destra dai graniti del Mottarone e a sinistra dalle migmatiti di Crusinallo.

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

Da tre anni l'Istituto di Mineralogia e Petrografia della Università di Modena, dopo aver eseguito ricerche petrografiche nelle vicine Val Bagnola, Val Sabbiola, Valle del Pascone, Valle del Fiumetta (BERTOLANI 1954, 1958, 1960, 1961) (BURANI 1961), ha iniziato e condotto uno studio sistematico su questa valle, che, nella massima parte, appartiene alla stessa formazione « Dioritico kinzigitica Ivrea-Verbanò » incontrata nelle precedenti ricerche.

Lo studio si presenta complesso sia per la varietà e variabilità di tipi litologici, sia per la necessità di campionare ogni tipo di roccia in ogni singola zona, al fine di avere una completa documentazione di esami di laboratorio. Questa sistematica campionatura è resa difficile dalla morfologia spesso impervia della valle, oltretutto in via di completo abbandono per la cessazione ormai quasi totale dell'alpeggio, che contribuiva a mantenere efficienti i pochi sentieri.

In attesa di una carta geologico-petrografica completa della valle, tutt'ora in via di elaborazione, si è ritenuto opportuno pubblicare i risultati dello studio petrografico, ormai completato, della parte bassa della valle, compresa tra Chesio e Omegna.

Oltre al Prof. BERTOLANI, cui si deve la stesura del presente lavoro, hanno collaborato, il Dott. Giuseppe TOGNETTI e il Dott. Gian Paolo SIGHINOLFI con ricerche nella valle del T. Togala. Le analisi chimiche sono state eseguite dalla Dott. Anna G. LOSCHI. Inoltre è stato utilizzato il rilevamento della valletta del Torrente Orloia, eseguito dal compianto Dott. Giulio BERNARDELLI.

I dati petrografici e geologici di questa zona, già esistenti, sono quasi esclusivamente di ARTINI e MELZI (1900). Detti Autori descrivono, per la valle Strona, granuliti pirosseniche, gneiss dioritici, scisti olivino-anfibolici, calcefiri, pegmatiti, websteriti, gabbri zonati pirossenici. E' anche da ricordare che Artini e Melzi indicarono col nome di *Gneiss Strona occidentale*, appunto dalla valle Strona che ne è attraversata, l'attuale formazione degli « Gneiss kinzigitici » e di *Gneiss Strona orientale*, la formazione recentemente considerata migmatitica (BERTOLANI 1961); che occupa il lembo sud-orientale della zona in esame. Le *stonaliti*, che pure prendono il nome dalla valle Strona, non compaiono nella parte bassa della valle. Altre segnalazioni sporadiche sulle pegmatiti e su un microgranito del Mazzoccone e di Chesio sono dovute a NOVARESE (1933).

Le presenti ricerche, oltre a porre in evidenza maggiori particolari della petrografia della zona, hanno messo in luce rapporti di giacitura e di genesi tra formazioni apparentemente diverse, sottoposte a successive azioni metamorfiche, che hanno contribuito a mascherare tali rapporti.

In questa zona una delle maggiori difficoltà di studio sul terreno è derivata dalla folta copertura boscosa di estesi territori con viabilità praticamente nulla.

Le formazioni rocciose.

I tipi litologici incontrati sono:

Gli *gneiss kinzigitici*, dominanti nella parte settentrionale del territorio esaminato.

Le *anfiboliti*, intercalate agli *gneiss kinzigitici*.

I *calcefiri*, anch'essi intercalati con gli *gneiss kinzigitici*, ma localizzati nella parte più a monte della zona, sotto Chesio.

Le *peridotiti*, limitate a un solo piccolo nucleo lungo la strada provinciale a S di Chesio.

Le *migmatiti*, dominanti nel lembo sud-est, al di qua di una linea Germagno-Alpe Casalero.

Le *pegmatiti* e i *micrograniti*, in giacitura filoniana, particolarmente abbondanti nella valle del Torrente Orloia e del Torrente Togala.

Le *beerbachiti*, rappresentate da un solo filone a sud di Chesio.

Le *contattiti*, legate alla presenza di calcefiri, metamorfosati per via pneumatolitico-idrotermale.

Gneiss kinzigitici, anfiboliti, calcefiri e, in modo meno evidente, migmatiti, seguono rigidamente una tettonica che, nelle sue grandi linee mantiene una direzione di scistosità variante da N 15° E a N 50° E. I valori più bassi si hanno sul fianco sinistro della valle, quelli più alti in corrispondenza del fondo. L'immersione prevalente è verso E, può tuttavia dirigersi anche verso W, comunque è di solito assai prossima alla verticalità. Esistono disturbi tettonici, anzi sono assai frequenti e determinano nelle rocce un'intensa fratturazione, accompagnata da spostamenti, mai di grande entità. Non mancano pieghe secondarie che portano localmente a un assetto orizzontale della scistosità. Le zone più

disturbate sono: sotto Chesio, tra la foce del T. Togala e quella del T. Orloia e alla Fonderia, dove i filoni pegmatitici appaiono troncati e dislocati e molte rocce si presentano laminate.

Gli gneiss kinzigitici.

Gli gneiss kinzigitici sono gneiss misti, costituiti da un paleosoma biotitico-sillimanitico e da un neosoma quarzoso-feldspatico. Sono perciò soggetti a sensibili mutamenti di aspetto e di proprietà fisiche, specialmente per il diverso rapporto paleosoma-neosoma. Lungo il crinale del M. Mazzone, nelle valli del Togala e dell' Orloia, nella zona di Loreglia, a S di Chesio, si presentano molto scistososi, con una scistosità tipo S, determinata dai piani di biotite e, in parte, muscovite, spesso però ondulata, contorta, pieghettata, tendente quindi al tipo B.

La composizione mineralogica è data da *biotite*, sempre abbondante, pleocroica dal giallino al bruno rosso; *quarzo*, pure abbondante, ma non distribuito regolarmente; *muscovite*, frammista alla biotite, ma più scarsa; *sillimanite* in fasci di aghetti, associati alla biotite, con andamento sinuoso, contorto; *plagioclasio*, in cristalli irregolari, in generale scarsamente geminati, più o meno sericitizzati. In 18 campioni misurati al Fedoroff si sono avuti valori delle percentuali in anortite varianti dall' 8% al 29%, con una predominanza di valori aggirantisi sul 20%. L'angolo 2V è positivo, uguale o superiore a + 80° nei termini sodici, negativo, sugli 85° nei termini di media acidità, tipo andesina.

Tra i minerali che compaiono frequentemente, ma non costantemente, si ha l' *ortoclasio*, in piccoli lembi, nè geminati, nè micropertitici. L'angolo 2V, come uno di noi ha già osservato in zona finitima (BERTOLANI 1961), non è grande. Campioni raccolti lungo la strada provinciale, sotto Chesio, hanno dato 2V = - 48°. Un altro minerale che si presenta sporadicamente è il *granato*, incolore, o leggermente roseo, in piccoli cristalli irregolari. Eccezionalmente si ha anche *cordierite*, trovata in campioni provenienti dalla zona della vecchia fonderia, dove le rocce già risentono di fenomeni di migmatizzazione. Il minerale è quasi incolore, non pleocroico, presenta alterazione di tipo micaceo.

Tra gli accessori sono frequenti: lo *zirconio*, con sensibile aureola pleocroica, l' *apatite*, il *rutile* in aghetti nella biotite, la *grafite*, l' *ilmeneite*, più rara l' *ortite*, la *titanite*, l' *epidoto*.

Nella zona compresa tra Ponte Orchera e Canova del Vescovo gli gneiss kinzigitici risultano più compatti, a scistosità meno fogliacea. Aumenta in questi tipi la porzione feldspatica, specialmente per quel

che riguarda il plagioclasio. La tessitura tende alla granoblastica e i fasci di aghetti di sillimanite si riducono notevolmente e non provocano più quell'aspetto fibroso caratteristico degli gneiss kinzigitici. Il plagioclasio ha una composizione sul 20-25% An, l'ortoclasio è più abbondante che negli gneiss kinzigitici e può presentarsi sotto forma di microclino. L'aumento, sia pur non regolare, di questi tipi da monte verso valle, sta a indicare una forma di passaggio alle migmatiti vere e proprie, che compaiono in corrispondenza di Germagno.

All'altezza della vecchia fonderia, circa a metà strada tra il Prelo e Omegna, le rocce appaiono fortemente tettonizzate. Intense laminazioni sono visibili nelle rocce kinzigitiche, che assumono un colore verde nerastro per fenomeni di cloritizzazione. Al microscopio si nota un aumento di muscovite, la trasformazione della biotite in clorite, del plagioclasio e della sillimanite in sericite e dell'ilmenite in titanite. Si nota inoltre un arricchimento di epidoto. I fenomeni tettonici producono dunque una vera e propria retrocessione metamorfica, generando, sia pure localmente, notevoli banchi di filloniti.

L'analisi chimica di uno gneiss kinzigitico scelto tra i campioni più caratteristici, proveniente dalla valle del torrente Togala, ha dato:

SiO ₂	62,28
TiO ₂	0,92
Al ₂ O ₃	19,77
Fe ₂ O ₃	1,26
FeO	6,48
MnO	0,04
CaO	0,54
MgO	1,92
Na ₂ O	1,56
K ₂ O	2,91
P ₂ O ₅	0,39
H ₂ O ⁺	1,63
H ₂ O ⁻	0,03

99,73

Formula secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
331	3	46,8	37,3	2,3	13,6	0,55	0,30	0,06

Nella classificazione di Niggli delle rocce metamorfiche questa rientra nel gruppo 7 delle rocce allumo-silicate, derivate da sedimenti argillosi o argilloso-arenacei metamorfosati in catazona.

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Sp</i>	<i>Hs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
	10,7	8,7	1,7	8,2	14,8	1,4	0,9	0,8	52,8
Norma	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Cord</i>	<i>Fe-Cord</i>	<i>Hs</i>	<i>Mt</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
catam.	17,83	14,50	2,83	15,03	27,13	0,27	1,40	0,80	20,21

Anfiboliti.

Le anfiboliti sono intercalate agli gneiss kinzigitici. Il loro andamento, spesso pseudofiloniano, segue sempre regolarmente la scistosità della formazione. Esistono solo due eccezioni a questa regola rappresentate da un filone basico discordante con la scistosità, affiorante lungo la strada provinciale sotto Chesio, e da una roccia a grana grossa non orientata, osservabile al Ponte Orchera e, corrispondentemente a E di Loreglia. Data la diversità di tessitura dalle normali anfiboliti, è da pensare che queste due rocce differiscano anche come genesi. La prima è una roccia chiaramente filoniana e di essa verrà trattato in seguito; la seconda si presenta al microscopio con tessitura ipidiomorfa a grana grossa non orientata. I componenti sono: anfibolo, biotite, plagioclasio, apatite, zircone.

L' *anfibolo* è poco colorato, pleocroico con α incolore, β verde oliva, γ verdino. $c:\gamma = 16^\circ$, $2V = -79^\circ$.

Il *plagioclasio* è geminato albite, albite-periclino, albite-Carlsbad, spesso zonato, con nucleo sul 59% An ed esterno sul 40% An.

La *biotite* è molto scarsa associata all' anfibolo.

E' questo l' unico esempio di roccia con spiccate caratteristiche magmatiche, classificabile come gabbrodiorite.

Nelle anfiboliti orientate frequente è la zonatura, costituita dall' alternarsi di straterelli diversamente ricchi in anfibolo o in plagioclasio.

Nella zona considerata, contrariamente a quelle più a monte, le anfiboliti non sono abbondanti e presentano sempre una modesta potenza. Coeve degli gneiss kinzigitici e dei calcefiri, precedono i filoni pegmatitici, dai quali risultano spesso tagliate. Nel tratto da Ponte Orchera alla Fonderia, anche ad occhio nudo, rivelano notevoli trasformazioni successive, dovute a fenomeni di granitizzazione. Nel tratto da

Germagno a Omegna si riconoscono solo con difficoltà e in pochi lembi, per l'intensa, profonda granitizzazione che ha coinvolto tutte le rocce di questa porzione della valle.

Al microscopio risultano composte da *orneblenda*, spesso assolutamente dominante, che generalmente presenta il seguente pleocroismo: α giallino pallido, β verde bruno, γ verde marcio. Qualche volta il verde di γ può tendere all'azzurro. L'angolo di estinzione $c:\gamma$, misurato al Fedoroff, raggiunge come valore massimo 21° , come minimo 11° ; i valori più frequenti sono sui 17° . L'angolo $2V$ è sempre negativo e grande. Le misure effettuate su 14 campioni vanno da -74° a -86° . Il *plagioclasio* è il componente che accompagna sempre l'anfibolo. Può non essere geminato o presentare le geminazioni secondo l'albite o l'albite-pericline. In determinazioni al Fedoroff si sono avuti i seguenti valori sul contenuto in anortite: 38%, 41%, 43%, 43%, 43%, 43%, 44%, 44%, 45%, 47%, 47%, 49%, 50%, 50%, 70%, 72%, 73%, 74%, 75%, 79%, 89%.

Come si vede si tratta di due tipi: uno nettamente basico, l'altro di media basicità. Non ci è capitato di trovare nello stesso campione plagioclasii con forti differenze nel contenuto di anortite. I plagioclasii basici presentano sempre un angolo assiale ottico negativo, variante da -79° a -87° , quelli a media basicità un angolo positivo compreso tra $+76^\circ$ e $+88^\circ$.

Può essere presente nelle anfiboliti la *biotite*, tuttavia sempre scarsa e spesso trasformata in clorite.

Il *quarzo*, che abbastanza spesso si unisce all'anfibolo e al plagioclasio anche come componente fondamentale, non è sempre di genesi contemporanea ai due altri minerali. Spesso rappresenta un arricchimento successivo e in tal caso corrode e sostituisce *orneblenda* e *plagioclasio*. Anfiboliti ricche di quarzo di neoformazione sono quasi sempre quelle della zona tra Ponte Orchera e la Fonderia, dove già sensibili sono i fenomeni di granitizzazione. In questa zona al quarzo si associa spesso l'*ortoclasio*, che invade la roccia attraverso numerose microfessure e sostituisce gradualmente specialmente il plagioclasio. Date le piccole dimensioni delle venule di *ortoclasio* non è possibile eseguire al Fedoroff determinazioni sulle proprietà ottiche.

Tra i componenti accessori sono frequenti la *titanite*, il più delle volte derivata da ilmenite, l'*apatite*, lo *zirconio*; più raro l'*epidoto*.

Tra i minerali opachi il più frequente è l'*ilmenite*, qualche volta però compaiono anche *pirrotina* e *calcopirite*.

L'analisi chimica di un'anfibolite, leggermente quarzifera, proveniente dalla sponda sinistra del T. Togala, ha dato:

SiO ₂	49,00
TiO ₂	1,60
Al ₂ O ₃	13,34
Fe ₂ O ₃	2,60
FeO	9,42
MnO	0,22
CaO	10,69
MgO	7,80
Na ₂ O	2,65
K ₂ O	0,26
P ₂ O ₅	0,32
H ₂ O ⁺	1,64
H ₂ O ⁻	0,02
	99,56

Formula secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
112	3	18,0	49,5	26,2	6,3	0,06	0,53	0,53

Pur essendovi parecchie riserve per accettare una genesi magmatica di queste rocce anfiboliche, sta di fatto che, anche in questo caso, la formula concorda sufficientemente con un magma gabbroide normale di Niggli.

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Cs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
	1,0	14,7	14,6	9,1	2,8	16,6	11,5	1,4	28,2
Norma catamol.	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Wo</i>	<i>En</i>	<i>Mt</i>	<i>Hy</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>
	1,6	24,5	24,4	12,1	22,1	2,8	3,9	7,2	1,4

Calcefiri.

Risalendo il corso dello Strona, i primi calcefiri s'incontrano al Prelo e vanno aumentando di numero e di potenza procedendo verso Marmo, dove sono situate le cave del noto « Marmo di Valle Strona ». Questi calcefiri si trovano in affioramenti che emergono dal terreno, per lo più coperto, nella fitta boscaglia delle valli dei torrenti Orloia

e Togala e ricompaiono sull'altra sponda sotto Chesio e nel letto dell'ultima parte del rio Bagnone. La superficie esposta arrotondata e i numerosi silicati in rilievo rendono la loro identificazione facile. Il colore varia dal grigio, al bianco, al verdognolo. Spesso sono zonati, con zone di diverso colore. La zonatura segue la scistosità generale della formazione metamorfica, ma la potenza varia moltissimo. Anche qui si tratta di pseudo-filoni, che a un certo punto possono scomparire, riassorbiti dalle altre rocce adiacenti o trasformati da fenomeni pneumatolitico-idrotermali, particolarmente frequenti nella zona a monte del Prelo. La grana è variabile e spesso è evidente una ricristallizzazione totale o parziale, preceduta da un'intensa tettonizzazione, così che è facile ritrovare impigliati nel calcefiro frammenti di molte altre rocce adiacenti, specialmente di pegmatiti. Tale fatto comporta una distinzione nell'esame microscopico tra i minerali veri e propri del calcefiro, anche se di venute successive, e quelli d'inglobamento meccanico.

Al microscopio i calcefiri si possono distinguere in due tipi: quelli senza flogopite, che sono i più frequenti, e quelli con flogopite. Oltre alla calcite, che è tanto più abbondante quanto più scarsi sono i silicati, ritroviamo sempre un *anfibolo actinolitico* o incolore o con γ leggermente verdognolo. L'angolo $2V$ varia da -84° a $-85^\circ 30'$, l'angolo $c:\gamma$ è di $16^\circ 30'$.

Quasi sempre presente è la *zoisite*, a colori d'interferenza anomali, azzurro cupo o grigi scuri a piccolo angolo degli assi ottici. Abbastanza spesso si ha anche il *pirosseno* di tipo diopsidico, incolore, con angolo di estinzione $c:\gamma$ tra i 38° e i 40° . Più rara l'*olivina* con $2V$ compreso tra $+84^\circ$ e $+86^\circ$.

Un accessorio sempre presente è la *titanite*, quasi niente pleocroica. Meno frequente la *muscovite*, che potrebbe derivare da lembi di pegmatite inglobati. Di genesi incerta sono pure *quarzo*, *plagioclasio* e *ortoclasio*, questi due ultimi di difficile determinazione sia per la mancanza di geminazione, sia per le piccole dimensioni dei cristalli, sia per le deformazioni, che, al pari di molti altri silicati, hanno subito. La *flogopite* è presente solo in una parte dei calcefiri; è pleocroica con a incolore, $\beta = \gamma$ bruno chiaro; l'angolo $2V$ è molto piccolo; le deformazioni dinamiche sono intense. Tra i minerali opachi predominano la *grafite*, a volte veramente abbondante, e, in molti casi, la *pirrotina*.

Riporto le analisi chimiche di due campioni di calcefiro della sponda destra dello Strona, di fronte a Chesio: uno (F 1) senza flogopite, l'altro (S 6) con abbondante flogopite.

	F 1	S 6
SiO ₂	10,76	11,50
TiO ₂	0,32	0,32
Al ₂ O ₃	4,84	5,00
Fe ₂ O ₃	0,80	0,64
FeO	1,30	1,87
CaO	45,04	43,32
MgO	1,96	1,85
Na ₂ O	0,17	0,13
K ₂ O	0,22	0,80
CO ₂	33,89	33,16
H ₂ O ⁺	0,13	0,36
H ₂ O ⁻	0,05	0,13
	99,48	99,18

Formule secondo Niggli

	<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
F 1	19	0,5	5,1	8,2	86,1	0,6	0,46	0,63	10,46
S 6	21	0,5	5,4	8,7	84,7	1,2	0,80	0,57	9,73

Entrambe portano al gruppo 10 della classificazione del Niggli delle rocce metamorfiche con *si* < 40, *c* molto grande, CO₂ al posto di SiO₂.

	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Sp</i>	<i>Cs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>	<i>Cc</i>		
Base a 100	F 1	1,2	1,4	8,5	2,4	—	1,3	5,0	2,3	0,4	11,6	65,9	
	S 6	4,4	1,1	9,9	—	1,0	1,0	5,9	3,3	0,3	10,9	62,3	
	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>Cord</i>	<i>En</i>	<i>Hy</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Wo</i>	<i>Mt</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>	<i>Cc</i>	
Norma catam.	F 1	2,0	2,3	4,4	6,7	2,2	—	—	—	1,3	0,4	0,7	65,9
	S 6	7,3	1,8	—	3,2	—	3,5	2,8	1,3	1,0	0,3	—	62,3

Peridotiti.

Le peridotiti sono rappresentate da un solo nucleo ellissoidico di m. 5 × 3, messo in vista dallo scavo della strada provinciale di valle Strona, proprio al disotto dell'abitato di Chesio. Detta amigdala è invilupata da gneiss kinzigitici fortemente laminati e fillonitizzati. Anche una parte della roccia peridotitica è fortemente laminata. Questo nucleo peridotitico non era sfuggito ad Artini e Melzi, che lo descrivono sotto il nome di scisto olivinico-anfibolico e anche lo Stella lo ha rappresentato nella carta geologica al 100.000. Questo piccolissimo af-

fioramento, apparentemente così isolato, trova rispondenza nelle peridotiti di Alpi Morello, poste sulla stessa direttrice tettonica, attualmente in studio per il completamento della petrografia dell'intera valle Strona.

L'esame microscopico della peridotite, che si presenta compatta di color verde cupo, mostra la sovrapposizione di strutture, dovute a due processi di trasformazione: uno di serpentizzazione, che provoca una tessitura a maglie e uno di anfibolitizzazione, che dà luogo a una tessitura nematoblastica.

I componenti sono: *olivina*, *serpentino*, *brucite*, *anfibolo tremolitico*, *clorite*.

L'*olivina* è ancora abbondante, anche se ridotta a granuli separati dall'incipiente serpentizzazione; l'angolo 2V varia da -84° a -87° . Il *serpentino* è a maglie poligonali di tipo antigoritico. La *brucite* è in aggregati lamellari tendenti a costituire una struttura fibroso-raggiata. I colori d'interferenza sono anomali. La *clorite* è verdognola a colori d'interferenza paonazzi. L'*anfibolo* predomina in alcune parti della roccia, sia associato ad olivina, sia solo. Si tratta di un termine sempre incolore, ad alti colori d'interferenza e segno negativo della birifrazione, classificabile come tremolite.

Abbondante, tra i minerali opachi, la *magnetite*.

L'analisi chimica ha dato:

SiO ₂	34,32
TiO ₂	0,14
Al ₂ O ₃	4,97
Cr ₂ O ₃	0,19
Fe ₂ O ₃	6,72
FeO	6,24
NiO	0,17
MnO	0,09
CaO	0,91
MgO	35,34
Na ₂ O	0,03
K ₂ O	0,04
P ₂ O ₅	—
H ₂ O ⁺	10,73
H ₂ O ⁻	0,21

100,10

Formula magmatica secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
53	0,2	4,5	94,1	1,4	0,1	0,44	0,83	0,01

La formula concorda bene col magma peridotitico.

	<i>Kl</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Sp</i>	<i>Fs</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
Base a 100	0,1	0,2	2,8	5,7	7,2	72,6	7,8	0,1	3,5
	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Cord</i>	<i>En</i>	<i>Fa</i>	<i>Mt</i>	<i>Ru</i>	<i>Fo</i>
Norma	0,2	0,3	4,7	10,5	1,0	4,2	7,2	0,1	71,8

Migmatiti.

Scendendo la valle dello Strona, giunti all'altezza di Germagno, si osserva una molto maggiore compattezza e durezza nelle rocce. La scistosità non sempre è visibile e il torrente scorre tra gole profondamente incise. L'aspetto di queste rocce varia da posizione a posizione; a volte esse si presentano come uno gneiss granitoide, di colore chiaro, ricco di metablasti, altre volte come uno gneiss listato, altre volte ancora come una roccia granulare compatta, molto scura. In alcune posizioni si possono ancora scorgere le vestigia delle rocce primitive: gneiss kinzigitici e anfiboliti. Specialmente queste ultime si sono a volte conservate in lembi geometrici immersi nella massa fortemente feldspatica. Taluni nuclei ellissoidici, durissimi, prevalentemente epidotici, possono far pensare invece a relitti di calcefiri, profondamente trasformati.

I filoni leucocrati non sono numerosi e mai presentano notevole potenza. Quelli piccoli esistenti, generalmente di tipo pegmatitico, attraversano la roccia senza un'orientazione preferenziale.

Rocce decisamente granitizzate si stendono in tutto l'angolo SE del territorio in esame, compreso tra Germagno, Quarna Sopra e Omegna. Tuttavia una netta linea di separazione non esiste. Già nel tratto tra Ponte Orchera e Germagno compaiono fenomeni di granitizzazione sia negli gneiss kinzigitici, sia nelle anfiboliti, rappresentati da arricchimenti in quarzo e comparsa di ortoclasio e relativo inizio di sostituzione dei minerali preesistenti. In alcune posizioni si hanno anche lenti completamente o quasi completamente granitizzate, così che la zona tra Ponte Orchera e Germagno è da considerarsi una zona di transizione verso le migmatiti propriamente dette.

Al microscopio ci troviamo di fronte a una gamma di differenti stadi di trasformazione di rocce prevalentemente kinzigitiche. La derivazione da esse è chiara, per la presenza in molti casi di relitti di *sillimanite* e di *granato*. A questi minerali, che mostrano evidenti segni di riassorbimento, si sovrappongono numerosi cristalli limpidi di *microclino* a grande angolo assiale ottico (da -81° a -87°), *plagioclasio*, geminato albite e albite-periclino, con sericitizzazione a volte pronunciata, a volte mancante. La percentuale di anortite è risultata al Fedoroff variabile nei diversi cristalli di uno stesso campione, ma sempre corrispondente a termini di media acidità (36-44% An). Mentre il plagioclasio è sempre abbondante, il microclino compare in quantità assai diversa e qualche volta si limita ad attraversare in vene, sia pur numerose, gli altri minerali.

La *biotite* è un componente costante, pur risultando impoverito rispetto agli gneiss kinzigitici. Le sue caratteristiche ottiche non differiscono molto da quelle della biotite degli gneiss kinzigitici, tuttavia i cristalli sono assai più minuti e meno deformati. E' da ritenere che la biotite sia, nella massima parte, di neoformazione; si trovano infatti, a volte, resti della vecchia biotite, più alterata e contorta. In alcuni campioni di S. Giuseppe è pleocroica con $\alpha = \beta$ incolore, γ verdino.

La *muscovite* in generale subisce un arricchimento nelle migmatiti, rispetto agli gneiss kinzigitici. Sembra che in parte si sia formata a spese della biotite primitiva, in parte a spese del plagioclasio.

Il *quarzo*, già abbondantemente presente negli gneiss kinzigitici, può subire un ulteriore arricchimento nelle migmatiti. Anch'esso per lo più si uniforma alla tessitura granoblastica della roccia e, tranne in casi di concentrazioni eccezionali, forse successive, si presenta uniformemente sparso.

Un minerale caratteristico, non sempre però presente, è la *cordierite*. Le rocce che la contengono in generale hanno aspetto macroscopico granulare, compatto e colore molto scuro. La cordierite inalterata è incolore; l'angolo $2V$ è -74° , caratteristico delle cordieriti più magnesifere che ferrifere. L'alterazione è sempre pronunciata, sia in minerale micaceo, tipo pinite, sia in minerale cloritico, tipo prasiolite. In quest'ultimo caso il minerale assume un colore giallognolo uniforme

presenta bassi colori d'interferenza e angoli assiali ottici negativi, sempre più piccoli, man mano che procede l'alterazione.

L'*andalusite* è rara, è stata trovata in un solo campione di S. Giuseppe. E' in pochi lembi irregolari, perfettamente incolori. Rara è anche la *tormalina*. Pochi cristalli frastagliati, pleocroici dal verde oliva al verde azzurro, compaiono nel microclino di un altro campione fortemente muscovitico di S. Giuseppe.

Tra i minerali accessori pressochè costantemente presenti abbiamo l'*apatite*, sempre ben rappresentata e lo *zircone*. Si possono avere arricchimenti di zircone in alcuni campioni, sia per numero di cristalli, sia per dimensioni. Nella biotite abbiamo le caratteristiche aureole pleocroiche. Tuttavia in alcuni casi le aureole pleocroiche sono talmente intense intorno a cristallini submicroscopici, che è da pensare, più che a zircone, a minerali fortemente radioattivi, tipo torbernite o xenotime.

La *clorite*, derivata dalla trasformazione della biotite, non è abbondante, perchè non sono frequenti in queste rocce i fenomeni di retrocessione. E' possibile tuttavia osservare qualche lembo proveniente dalle impervie pendici meridionali del M. Castellaccio, dove la clorite, associata a titanite, è insieme a plagioclasio di tipo albitico e a quarzo.

L'*epidoto* non è né frequente, né abbondante, diviene un componente principale solo in corrispondenza dei supposti nuclei residui di calcefiro. Più frequentemente si tratta di clinozoisite, più raramente di pistacite. La *grafite* a volte è abbondante, a volte manca. L'*anfibolo* compare come residuo della primitiva composizione mineralogica nelle anfiboliti granitizzate. Si tratta in questo caso di orneblenda verde con α giallino, β verde oliva, γ verde chiaro. Quando invece l'anfibolo è di tipo tremolitico ed è associato a quarzo, epidoto e titanite, come accade in qualche piccolo nucleo inglobato nelle migmatiti, fa parte delle già citate vestigia di calcefiri, completamente trasformati e assimilati dalla granitizzazione, dato che la paragenesi è identica, come vedremo, alle rocce di contatto formatesi a spese dei calcefiri nella zona più settentrionale.

Pure la *titanite* abbonda in questo tipo di roccia, ma si può trovare anche associata alla clorite nelle rocce retrocesse.

Una migmatite feldspatico-cordieritica di S. Giuseppe, contrassegnata con la sigla Q 15 ha dato, all'analisi chimica, i seguenti risultati:

SiO ₂	68,38
TiO ₂	0,68
Al ₂ O ₃	15,69
Fe ₂ O ₃	2,89
FeO	1,15
MnO	0,04
CaO	2,22
MgO	1,00
Na ₂ O	3,02
K ₂ O	3,33
H ₂ O ⁺	1,18
H ₂ O ⁻	0,22
	99,80

Formula secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
320	2	43,3	22,0	11,1	23,6	0,4	0,3	0,5

Nella classificazione di Niggli delle rocce metamorfiche, questa roccia s'inquadra nel gruppo I: rocce alcali-alumo-silicate con *alk* e *al* > 22,5, *c* < 16, *al* < *c* + *alk* + 5, che è appunto il gruppo caratteristico delle migmatiti.

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Sp</i>	<i>Hs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>O</i>
	11,5	15,9	6,5	4,0	0,9	3,0	0,9	0,5	56,8
Norma	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Cord</i>	<i>Fe-Cord</i>	<i>Mt</i>	<i>Hm</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
	19,1	26,5	10,8	7,6	1,6	1,8	0,8	0,5	31,3

Filoni pegmatitici e microgranitici.

I filoni pegmatitici e microgranitici rappresentano una caratteristica della zona che dalla confluenza del Torrente Orloia arriva al Prelo, ma compaiono anche, sebbene non così numerosi e potenti, nel restante tratto di valle dal Prelo a Germagno; spariscono invece nelle migmatiti, sostituiti da qualche intreccio irregolare di vene.

Specialmente quelli pegmatitici, che sono i più numerosi, sono molto bene individuabili per il colore bianco, la grana grossa e la maggior

consistenza rispetto alle rocce incassanti, che provoca spesso la formazione di dicchi sporgenti dal terreno. L'andamento si uniforma a quello della scistosità, pur non seguendolo esattamente. Questo non è sempre valido per i filoni che attraversano le anfiboliti e ancor meno per quelli che attraversano i calcefiri. In quest'ultimo caso spesso il filone si disperde in numerosi filoncelli ad andamento irregolarissimo, che possono, in qualche caso, venir coinvolti in fenomeni tettonici, assai frequenti nei calcefiri, ed apparire spezzati e contorti. La potenza dei filoni pegmatitici e microgranitici è variabilissima: si tratta di una sequenza di espandimenti e strozzature posti su un unico allineamento. Alla salbanda non si notano fenomeni veri e propri di contatto, ma frequenti casi di assimilazione delle rocce incassanti. Nel caso dei calcefiri invece, profonde trasformazioni della roccia incassante possono venir poste in relazione, se non all'azione diretta del filone, ai fenomeni successivi pneumatolitico-idrotermali. Uno stesso filone, come già aveva osservato Novarese (NOVARESE 1931), può essere costituito da due parti: una pegmatitica e una microgranitica; in tal caso la facies pegmatitica è sempre successiva all'altra e non presenta sempre lo stesso chimismo. Accade infatti che a pegmatiti ortoclasiche siano associati micrograniti plagioclasici. Assai variabile è anche la grana, che, nelle pegmatiti, passa, sullo stesso filone, da molto grossa, con feldspati di parecchi centimetri di lunghezza, a media, con feldspati inferiori al mezzo centimetro. Mentre i filoni microgranitici hanno paragenesi uniforme, costituita da *quarzo*, *plagioclasio*, *microclino*, *biotite*, *muscovite*, i filoni pegmatitici hanno composizione mineralogica variabile.

Nel microgranito il plagioclasio varia però dall'11 al 40% di An.

Le pegmatiti possono avere tendenza nettamente potassica, ricche in *microclino* o *ortoclasio*, entrambi con grande angolo assiale ottico (2V variabile da un minimo di -67° a un massimo di -84°). Si hanno inoltre pegmatiti a tendenza sodica, in cui domina un *plagioclasio* albitico, che al Fedoroff ha dato percentuali aggiranti sul 6-7% An oppure 13-15% An. Vi sono infine pegmatiti sodico-potassiche.

Anche il *quarzo* fa registrare notevoli variazioni quantitative, dato anche che è da considerare la possibilità, per detto minerale, di un arricchimento pneumatolitico. Frequente la *muscovite*. La *tormalina* può essere presente e abbondante, o mancare del tutto. Si tratta di una

tormalina molto scura; al microscopio è pleocroica dal verde azzurro all'azzurro. Un accessorio caratteristico del grosso filone sotto Chesio, è il *granato*, assai bene conformato in icositetraedri. Altri accessori sono la *biotite*, spesso cloritizzata, l'*apatite*, lo *zircono*, la *titanite*, l'*epidoto*. Molto scarsi sono i minerali opachi.

Non è facile distinguere i filoni pegmatitici, spesso tettonizzati e con limiti non ben definiti, a causa delle azioni metasomatiche con le rocce incassanti, dai lembi di neosoma pegmatitico irregolarmente sparsi negli gneiss kinzigitici; dal punto di vista mineralogico infatti non vi sono differenze apprezzabili e il criterio di riconoscimento delle due rocce può avvenire solo attraverso la giacitura. Resta quindi molto aperto il problema se questi filoni sono in relazione con le masse granitiche dei laghi, come sosteneva Novarese (NOVARESE 1933), o rappresentano manifestazioni preesistenti. In precedenza uno di noi (BERTOLANI 1961), in base ad osservazioni eseguite alla periferia del granito di Quarna, pensava di poter ritenere valida la prima ipotesi, ma le ulteriori ricerche non possono convalidare questa tesi, per la mancanza di continuità delle manifestazioni filoniane con le masse granitiche, la frammentarietà del fenomeno e la distinzione spesso confusa tra il filone e la roccia incassante. Non è anche da escludere che ci possiamo trovare di fronte a due tipi con genesi nettamente diversa: una magmatica e una metasomatica, assai difficilmente distinguibili tra loro.

L'analisi chimica del campione Q 9, una pegmatite sodico-potassica posta ai confini nord-occidentali della zona studiata, ha dato:

SiO ₂	71,50
Al ₂ O ₃	17,00
Fe ₂ O ₃	0,33
FeO	0,50
CaO	1,52
MgO	0,24
Na ₂ O	3,80
K ₂ O	3,95
H ₂ O ⁺	0,75
H ₂ O ⁻	0,44

100,03

Formula magmatica secondo Niggli

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
379	53,1	5,5	8,6	32,8	0,40	0,34	1,56

Questa formula porta ad analogie col magma granitico aplitico, tuttavia non vi è perfetta rispondenza per i valori *al*, più alto del normale nella pegmatite di valle Strona, e *alk*, più basso del normale. Queste differenze emergono, come si può vedere, anche dal calcolo della norma, nel quale compaiono *Cord*, *Fe-Cord*, *Sil*. Questo fenomeno era stato segnalato da uno di noi anche nella zona, petrograficamente simile, della Sila (BERTOLANI 1957).

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Sp</i>	<i>Hz</i>	<i>Fo</i>	<i>C</i>	<i>Q</i>
	14,2	20,7	4,6	1,0	1,2	0,4	2,6	55,3
Norma	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Cord</i>	<i>Fe-Cord</i>	<i>Sil</i>	<i>Fs</i>	<i>Q</i>
catamol.	23,7	34,5	7,7	1,8	2,2	3,9	0,4	25,7

Filoni basici.

Si tratta, in pratica, di un solo filone, ritrovato sui due fianchi della valle, sotto Chesio e di fronte a detto paese. Si riconosce assai bene, perchè è stato messo allo scoperto dal taglio della strada di fondovalle ed è attraversato in discordanza da un filone pegmatitico. L'aspetto esterno non è molto diverso da quello di molte anfiboliti, un affioramento delle quali si trova pochi passi più a valle. Il colore è verde grigio, tuttavia la struttura è più compatta e non orientata. Al microscopio invece si osserva una tessitura olocristallina autallotriomorfa minuta, costituita da un'intreccio di cristalli allungati di anfibolo e plagioclasio, completamente diversa da quella normalmente presentata dalle anfiboliti e caratteristica di una roccia filoniana magmatica. I componenti principali sono: l'*anfibolo*, debolmente colorato, con α incolore, $\beta = \gamma$ verde chiaro, ad angolo di estinzione $c : \gamma = 16^\circ 30'$. *Plagioclasio*, molto fresco, in cristalli allungati, non sempre geminati, in caso affermativo, la geminazione è secondo la legge di Carlsbad, oppure albite, o albite-pericline. Si tratta di un termine piuttosto basico, che al Fedoroff ha dato il 44% An. A questi due minerali fondamentali si associa la botite, raggruppata in alcune zone, pleocroica dal bruno molto chiaro (α) al bruno intenso ($\beta = \gamma$). Il *quarzo* è raro, localizzato presso alcune concentrazioni biotitiche. Sono presenti minerali opachi.

L'analisi chimica è la seguente:

SiO ₂	48,50
TiO ₂	2,08
Al ₂ O ₃	18,64
Fe ₂ O ₃	0,54
FeO	8,47
MnO	0,12
CaO	8,34
MgO	7,46
Na ₂ O	2,41
K ₂ O	0,48
H ₂ O ⁺	2,87
H ₂ O ⁻	0,27
S	0,12
	<hr/>
	100,30
— O	0,06
	<hr/>
	100,24

Formula magmatica secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
113	4	26,6	45,3	21,7	6,4	0,11	0,59	0,47

Tale formula si avvicina ai magmi achanahaitico, gabbroide normale e *c*-gabbroide.

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Cs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Ru</i>	<i>Q</i>
	1,8	13,4	23,8	0,8	0,6	15,9	10,2	1,5	32,0
Norma	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Wo</i>	<i>En</i>	<i>Fo</i>	<i>Mt</i>	<i>Ru</i>	
	3,0	22,3	43,0	1,1	10,8	7,8	0,6	1,5	

Questa roccia non può venir classificata tra rocce indifferenziate di tipo malchitico o vintlitico, osservate, unitamente a spessartiti e diabasi nella zona dei laghi a Mergozzo (PREISWERK 1906), Pettenasco (CHELUSSI 1890), Feriolo (GALLITELLI 1937), per la formula magmatica che presenta. E' quindi da avvicinare a una beerbachite, che, come le malchiti, non ha struttura porfirica, ma, rispetto a queste, presenta una maggiore basicità.

Contattiti.

Con questa definizione non intendiamo le rocce prossime alla massa granitica di Quarna, che, come uno di noi ha messo in evidenza (BERTOLANI 1961), hanno subito notevoli trasformazioni di tipo cornubianitico, che, sporadicamente e in minor misura, si riscontrano anche nelle migmatiti della zona in esame; si tratta invece delle rocce profondamente modificate da azioni pneumatolitico-idrotermali che s'incontrano là dove i calcefiri vengono a contatto coi filoni pegmatitici e microgranitici. Il fenomeno non avviene sempre al contatto diretto tra le due rocce, ma si verifica il fatto che, là dove sono abbondanti i filoni pegmatitici, il calcefiro subisce su larga scala il processo di trasformazione, mentre resta integro in zona lontana dai filoni. La roccia di contatto si presenta compatta, durissima, non orientata. Il colore varia, ma spesso è piuttosto scuro. La derivazione da calcefiro è dimostrata dalla esistenza di relitti di marmo nella roccia di contatto e dal passaggio graduale da roccia carbonata a roccia silicizzata. Ad occhio nudo non è possibile distinguere i componenti, ma al microscopio si osserva una paragenesi molto caratteristica. Si tratta dell'associazione di *pirosseno monoclinico*, incolore, tipo diopside, con $c:\gamma = 40-41^\circ$; $2V = +63^\circ, +64^\circ$; *anfibolo*, della serie actinoto-tremolite o incolore o leggermente pleocroico con a incolore, $\beta = \gamma$ cerdino chiaro; $c:\gamma = 16^\circ 30'$ $2V = -84^\circ - 85^\circ 30'$; *epidoto*, sia povero di ferro, sia ferifero; in quest'ultimo caso $2V$ è -88° ; *quarzo*, più o meno abbondante. A questi minerali fondamentali si associano spesso: *titanite*, accessoria, ma assai diffusa; *calcite*; e talvolta *plagioclasio*; *muscovite*, *clorite*, *apatite*, *ortite*, *prehnite*. Tra i minerali opachi, talvolta abbondanti, tanto da generare sulle superfici esposte un manifesto brucione, si ha *pirrotina*, molto spesso con pronunciata trasformazione in *marcasite*; *ilmeneite* in grossi noduli, *calcopirite*, *pirite*, *grafite*, *limonite*, eccezionalmente *blenda*.

La presenza soprattutto di pirrotina è uno dei motivi per cui la genesi di queste rocce è da attribuire a fenomeni pneumatolitici, passati poi a idrotermali, anche di bassa temperatura, come indica la prehnite. Uno di noi (BERTOLANI 1960), nel corso dello studio di rocce analoghe della zona di Civiasco, aveva avanzato l'ipotesi, del resto già sostenuta da Novarese (NOVARESE 1931), che le associazioni pirosseno-anfibolo-epidoto-calcite potessero derivare da trasformazione pneumatolitico-idrotermale di rocce gabbriiche. Le presenti ricerche effettuate con maggiori possibilità di osservazione, hanno dimostrato che nella

valle Strona dette rocce, pur ricordando la paragenesi e la tessitura dei gabbri, hanno un'unica origine attraverso la silicizzazione per via pneumatolitico-idrotermale dei calcefiri. La calcite presente non è da considerare di neoformazione per demolizione di silicati di calcio, ma rappresenta le vestigia della vecchia roccia a carbonati, ben s'intende, ricristallizzata.

Un campione, indicato con C₂, proveniente dal fianco sinistro della valletta del Torrente Togala, ha dato all'analisi chimica:

SiO ₂	40,38
TiO ₂	0,44
Al ₂ O ₃	19,83
Cr ₂ O ₃	0,04
Fe ₂ O ₃	1,00
FeO	2,78
MnO	0,16
CaO	25,80
MgO	2,99
Na ₂ O	0,11
K ₂ O	0,09
P ₂ O ₅	tr.
CO ₂	5,36
H ₂ O ⁺	1,05
H ₂ O ⁻	0,09

100,12

Formula secondo Niggli

<i>si</i>	<i>ti</i>	<i>co₂</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>c/fm</i>
86	1	1.5	24,8	16,3	58,6	0,3	0,35	0,58	3,59

Secondo la classificazione di Niggli per le rocce metamorfiche, questa formula rientra nel gruppo 9: rocce calcaree-silicate, con $c > fm$, alk basso, $al-alk > 10$, $c > 45 - alk$, gruppo caratteristico delle rocce pneumatolitiche di contatto su calcari e dolomiti.

Base a 100	<i>Kp</i>	<i>Ne</i>	<i>Cal</i>	<i>Cs</i>	<i>Fs</i>	<i>Fo</i>	<i>Fa</i>	<i>Q</i>	<i>Ru</i>	<i>Cc</i>
	0,4	0,7	30,5	14,0	1,3	7,1	3,9	33,9	0,4	7,8
Norma	<i>Or</i>	<i>Ab</i>	<i>An</i>	<i>Wo</i>	<i>En</i>	<i>Hi</i>	<i>Mt</i>	<i>Q</i>	<i>Ru</i>	<i>Cc</i>
catam.	1,3	0,2	50,8	18,6	9,5	4,4	1,3	5,4	0,4	7,8

Osservazioni conclusive.

Con le presenti ricerche si è potuto osservare che, nella bassa valle Strona, il substrato roccioso è costituito da tre tipi fondamentali: gneiss kinzigitici, anfiboliti, calcefiri, ai quali si aggiunge una minuscola manifestazione peridotitica. Gli altri tipi rocciosi sono di genesi successiva: o di completa neoformazione, come i filoni pegmatitici e quelli basici o di profonda trasformazione delle rocce preesistenti, come le migmatiti, le rocce pneumatolitico-idrotermali di contatto, le filloniti.

Contrariamente a quanto accade nella parte più alta della valle, gli gneiss kinzigitici sono raramente granatiferi. Il rapporto paleosoma-neosoma è variabile, generalmente a favore del paleosoma. Tranne che nella zona sud-orientale, il neosoma è plagioclasico. L'ortoclasio è sempre molto scarso e con angolo assiale ottico negativo medio. Esiste una fascia di transizione, in cui compare irregolarmente il microclino, per passare poi, nella predetta zona sud-orientale, a rocce fortemente feldspatiche, ricche generalmente di microclino a grande angolo assiale ottico negativo. Tra gli gneiss kinzigitici e le migmatiti feldspatiche esistono numerosi termini di passaggio.

Le anfiboliti, rigidamente concordanti con la scistosità, a struttura orientata, spesso zonata, tanto da poterle considerare, almeno in buona parte, in accordo con Huttenlocher (HUTTENLOCHER 1942), rocce para, vengono anch'esse coinvolte da fenomeni di granitizzazione, parziali nella zona di transizione, tra il Prelo e Germagno, intensi nella zona Omegna-Germagno-Quarna. In quest'ultimo territorio la situazione petrografica è del tutto analoga a quella riscontrata nella parte meridionale della zona di Quarna (BERTOLANI 1961).

I calcefiri sono le rocce che maggiormente hanno risentito delle azioni metamorfiche successive. Profondamente silicizzati nella parte settentrionale della zona in esame, mostrano anche di aver risentito di forti azioni tettoniche, dato che spesso la calcite cementa una breccia costituita specialmente da lembi di pegmatiti. Nelle parti intensamente granitizzate i calcefiri scompaiono come unità petrografica lasciando solo poche vestigia rappresentate da nuclei silicizzati a paragenesi simile a quella dei calcefiri metamorfosati per contatto.

La minuscola manifestazione peridotitica, involupata da straterelli anfibolico-talcosi e da filloniti derivate da gneiss kinzigitici, si può interpretare come un residuo di masse maggiori assottigliate per laminazione, quindi coinvolte in forti azioni tettoniche. Una situazione analoga la troviamo nelle serpentine di Oira, attualmente in corso di studio nell'Istituto di Mineralogia dell'Università di Modena.

I filoni pegmatitici e microgranitici, hanno, nella zona in esame, grande sviluppo. Scompaiono nella parte migmatitica sud-orientale, proseguono invece verso monte, oltre i limiti del territorio studiato, per poi cessare completamente nella parte alta della valle, dove dominano le stronaliti. Malgrado Novarese non avesse dubbi circa la diretta relazione tra questi filoni e le masse granitiche (NOVARESE 1933), a nostro avviso la loro genesi resta un problema di difficile soluzione, perchè la composizione mineralogica non differisce da quella di neosomi pegmatitoidi; d'altra parte la successione cronologica li porta chiaramente posteriori a gneiss kinzigitici già iniettati, ad anfiboliti, a calcefiri e a filoni basici; si direbbero invece anteriori alla migmatizzazione connessa con le masse granitiche dei laghi, perchè coinvolti in tale processo.

Non s'irradiano dalle masse granitiche e presentano alle salbande fenomeni metasomatici (NIGGLI 1952); tuttavia mostrano una netta individualità e una continuità di chilometri. Contrariamente ai filoni della zona di Civiasco e di Quarna (BERTOLANI 1960, 1961), sembrerebbero appartenere ad un solo tipo, perciò sarebbe difficile ammettere per la valle Strona, come per le due zone sopra ricordate, la possibilità di due diverse venute: una, più recente; legata ai graniti, l'altra più antica.

Il solo filone basico, individuato nelle presenti ricerche, si differenzia nettamente dalle anfiboliti per la discordanza con la scistosità e per la tessitura autallotriomorfa non orientata. Esso potrebbe venir interpretato come una delle propaggini più lontane dei filoni basici presenti nelle masse granitiche dei laghi (NOVARESE 1933, GALLITELLI 1937, PREISWERK 1906, CHELUSSI 1890).

Le rocce di contatto sono legate a una vasta azione pneumatolitico-idrotermale, che si è manifestata, con tutta probabilità, in continuazione al fenomeno pegmatitico, col quale sussiste un'identità topografica.

E' inoltre da ricordare che una fase pneumatolitica già si riscontra nelle stesse pegmatiti, con arricchimenti di quarzo e tormalina.

Esistono fenomeni di retrocessione metamorfica, legati a zone più intensamente tettonizzate, con formazione di filloniti cloritico-albitiche assai caratteristiche; rare le miloniti.

In base a queste considerazioni, è da ritenere che le rocce originarie della bassa valle Strona fossero costituite da un'alternanza di sedimenti argillosi, o argilloso-arenacei, con marne e calcari. Un metamorfismo tettonico da ritenersi di catazona superiore, e non inferiore, come in altre parti della formazione kinzigitica Ivrea-Verbanò, per la sensibile presenza di muscovite, ha formato gneiss biotitico-sillimanitici, anfiboliti e calcefiri.

Un successivo metamorfismo d'iniezione (nel senso di Andreatta) ha generato gneiss misti: gli gneiss kinzigitici. Non è possibile stabilire se i filoni pegmatitici e microgranitici siano da ascrivere a questa fase metamorfica o siano invece posteriori, dato che tagliano spesso in discordanza le liste neosomiche degli gneiss kinzigitici. Quello che è certo è che sono successivi alle scarse manifestazioni filoniane basiche.

Già nei filoni pegmatitici si notano fenomeni pneumatolitici successivi, che portano ad arricchimenti in quarzo e tormalina. Dalla fase pneumatolitica si passa a quella idrotermale che, come indica la presenza di prehnite, scende fino a temperature piuttosto basse. E' in queste manifestazioni tardive, pneumatolitiche e idrotermali, che si sono avuti fenomeni di silicizzazione e silicatizzazione delle rocce carbonatate (marmi e calcefiri).

Un quadro tutto particolare è presentato dalle migmatiti della zona sud-orientale, dove il fenomeno di granitizzazione, a tendenza prevalentemente potassica, è intenso e diffuso, ma lascia ancora riconoscere che le rocce che hanno subito la trasformazione sono gneiss kinzigitici e anfiboliti.

Un'azione tettonica di zona superiore, posteriore a tutti i fenomeni sopra ricordati, è avvertibile, anche se molto localizzata ad alcune linee di disturbo, attraverso le filloniti cloritico-albitiche, le anfiboliti a tremolite e il talco.

BIBLIOGRAFIA

- ARTINI E., MELZI G., *Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia*. « Mem. R. Ist. Lomb. di Scienze e Lett. », 18, 1900, 219-390.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio della cosiddetta « formazione dioritico-kinzigitica »*. *Ricerche in Val Sabbiola (Valsesia)*. « Rend. Soc. Mineral. Ital. », 10, 1954. 91-207.
- BERTOLANI M., *Ricerche sulla natura e sulla genesi delle rocce della Sila (Calabria). Plutoniti e metamorfiti del bacino del Lago Arvo*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », 76, 1957. 1-90.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della così detta « Formazione dioritico-kinzigitica »: Le azioni metamorfiche nelle rocce di Val Bagnola (Valsesia)*. « Rend. Soc. Mineral. Ital. », 14, 1958. 55-116.
- BERTOLANI M., *Contributo allo studio petrografico della cosiddetta « formazione dioritico-kinzigitica »*. *Variabilità petrografica e azioni metamorfiche nella zona di Civiasco (Valsesia)*. « Period. di Mineral. », 29, 1960. 194-268.
- BERTOLANI M., *Fenomeni di granitizzazione e di contatto nella zona di Quarna (Novara)*. « Rend. Soc. Mineral. Ital. », 17, 1961. 65-108.
- BURANI M., *Notizie petrografiche e chimiche sul granito di Quarna (Novara)*. « Rend. Soc. Mineral. Ital. », 17, 1961. 131-145.
- CHELUSSI F., *Il diabase di Pettenasco sul lago d'Orta*. « Giorn. di Miner., Crist. e Petrogr. », 1, 1890.
- GALLITELLI P., *Ricerche petrografiche sul granito di Baveno*. « Mem. Soc. Tosc. di Scienze Nat. », 46, 1937.
- GALLITELLI P., *Ricerche geopetrochimiche sul massiccio eruttivo compreso fra il lago d'Orta e la Valsesia*. « Mem. R. Acc. Sc. Lett. e Arti di Modena », [III], 5, 1941.
- GASTALDI G., *Studi geologici sulle Alpi Occidentali*. « Mem. R. Com. Geol. d'Italia », 1, 1871.
- GASTALDI G., *Studi geologici sulle Alpi Occidentali*. « Mem. R. Com. Geol. d'Italia », 4, 1874.
- HUTTENLOCHER H. F., *Beiträge zur Petrographie des Gesteinzuges Ivrea-Verbanò. Die gabbroiden Gesteine von Anzola*. « Schw. Min. Petr. Mitt. », 22, 1942.
- MEHNERT K. R., *Petrographie und Abfolge der Granitisation im Schwarzwald*. I. « Neues Jb. Mineral. », Abh., 85, 1953. 59-140.
- MEHNERT K. R., *Petrographie und Abfolge der Granitisation im Schwarzwald*. II. « Neues Jb. Mineral. », Abh., 90, 1957. 39-90.
- MEHNERT K. R., *Petrographie und Abfolge der Granitisation im Schwarzwald*. III. « Neues Jb. Mineral. », 98, 1962. 208-249.
- NIGGLI E., *Séréométrie et mise en place des filons*. « Bull. Soc. Geol. de France », [VI], 2, 1952.

- NIGGLI P., *Die chemische Klassifikation der metamorphen Gesteine*. « Schw. Min. Petr. Mitt. », 14, 1934. 464-472.
- NIGGLI P., *Die Magmentypen*. « Schweiz. Min. Petr. Mitt. », 16, 1936. 335-399.
- NIGGLI P., *Ueber Molekularnormen zur Gesteinsberechnung*. « Schw. Min. u. Petr. Mitt. », 16, 1936.
- NOVARESE V., *La formazione diorito-kinzigitica in Italia*. « Boll. R. Uff. Geol. It. », 56, 1931. 1-62.
- NOVARESE V., *L'età del granito del Lago Maggiore*. « Boll. R. Uff. Geol. d'Italia », 58, 1933.
- PARONA C. F., *Valsesia e lago d'Orta*. « Atti Soc. Ital. di Scienze Nat. », 29, 1886. 141-297.
- PREISWERK H. C. H., *Malchite und Vintlite im Strona und Sesiagneiss, Piemont*. « Festsch. z. Siebz. Geb. v. H. Rosembuseh », Stuttgart, 1906.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

- Fig. 1. — La valle del T. Togala, impervia e boscosa, di fronte al paese di Chiesio.
- Fig. 2. — Filoncello pegmatitico, che attraversa in discordanza straterelli alterni di anfibolite, gneiss kinzigitico, calcefiro e roccia di contatto. Sotto il ponte nel Rio Bagnone tra Chiesio e Loreglia.
- Fig. 3. — Vena pegmatitica, che attraversa un filone microgranitico negli gneiss kinzigitici. Letto del T. Strona, sotto Chiesio.
- Fig. 4. — Specchio di faglia su filone pegmatitico. Sulla destra gneiss kinzigitici laminati. Lungo la strada provinciale di Valle Strona, sotto Chiesio.



Fig. 1.

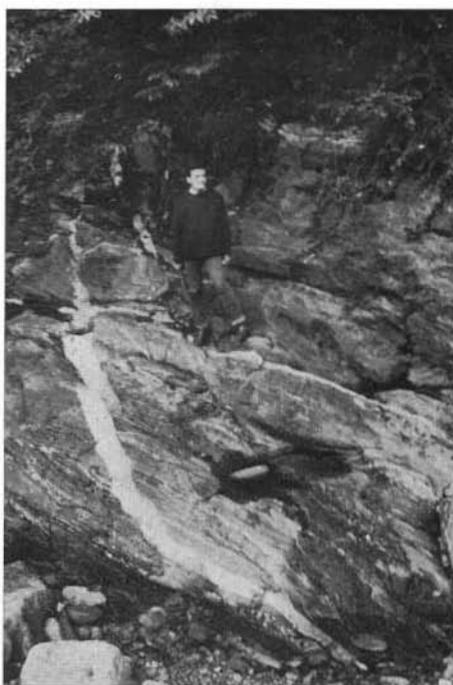


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

- Fig. 1. — Cristallo di tormalina ramificato nel quarzo. Pegmatite della Vallè del T. Orloia. *Solo pol., 70 ingr.*
- Fig. 2. — Aspetto microscopico della tessitura del filone beerbachitico sotto Chesio. *Nicols incr., 70 ingr.*
- Fig. 3. — Cordierite in via di trasformazione pinitica nelle migmatiti presso San Giuseppe. *Solo pol., 70 ingr.*
- Fig. 4. — Resti di sillimanite nelle migmatiti di S. Giuseppe. *Solo pol., 70 ingr.*

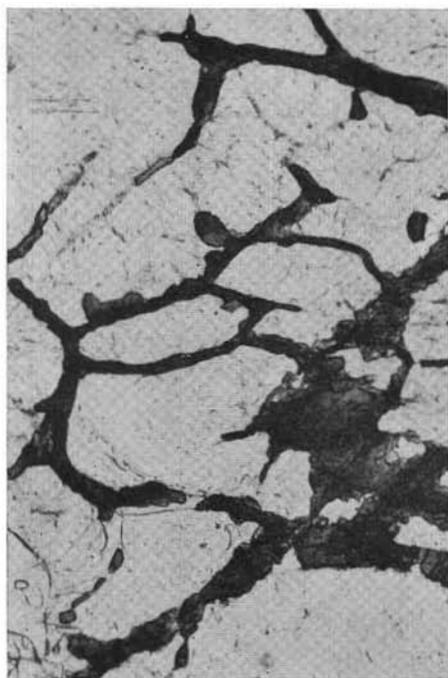


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III.

- Fig. 1. — Cristalli di orneblenda residui nelle migmatiti anfiboliche di fronte a S. Giuseppe. *Solo pol.* 150 *ingr.*
- Fig. 2. — L'ortoclasio invade il plagioclasio lungo i piani di sfaldatura e le linee di frattura in una anfibolite parzialmente granitizzata presso la fonderia. *Solo pol.*, 240 *ingr.*
- Fig. 3. — Ciuffi di sillimanite in via di sericitizzazione. Sulla sinistra: clorite. Fillonite, sponda destra dello Strona, di fronte a Canova del Vescovo. *Solo pol.*, 140 *ingr.*
- Fig. 4. — Pirrotina quasi totalmente trasformata in marcasite in uno gneiss kinzigitico della valle del T. Togala. *Solo pol.*, *luce riflessa*, 140 *ingr.*



Fig. 1.



Fig. 2.

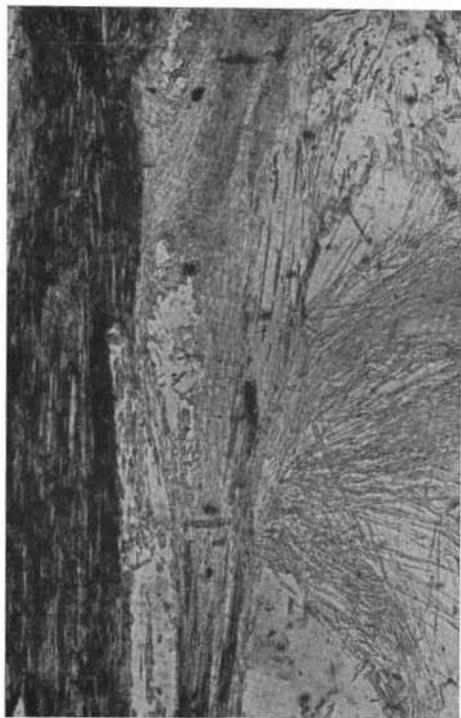


Fig. 3.

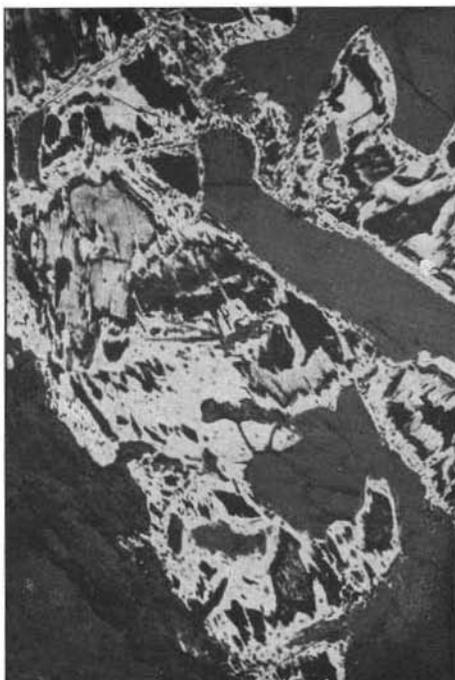


Fig. 4.