

CONTRIBUTO ALLA RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA DELLA « SERIE DEI LAGHI »: LITOFACIES PRINCIPALI DELLA « STRONA-CENERI » A NE DEL LAGO MAGGIORE (ALPI MERIDIONALI - ITALIA)

EVELINA GIOBBI ORIGONI, BRUNO TESTA

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università, via Botticelli 23, 20133 Milano

ROBERTO CARIMATI

Centro di Studi per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R., Milano

RIASSUNTO. — La « Strona-Ceneri » è una formazione metamorfica di medio grado costituita da due unità: Cenerigneiss e Gneiss minuti. Si tratta di paraderivati nei quali l'impronta del metamorfismo non ha obliterato completamente le strutture sedimentarie originarie. Attraverso rilevamenti di dettaglio effettuati nell'area della Val Veddasca (Luino - Varese) ed in seguito ad un riesame delle strutture ad ovest del Lago Maggiore, è stato possibile definire i rapporti geometrici tra le varie unità: Cenerigneiss e Gneiss minuti appaiono eteropici tra di loro con continuità di sedimentazione verso le metabasiti, che rappresenterebbero sedimenti vulcanoclastici più o meno rimaneggiati.

L'ambiente di sedimentazione, come è messo in evidenza anche dai sottili livelli carbonatici intercalati, doveva essere a basso battente d'acqua.

La distribuzione della feldspatizzazione, variabile in relazione alla granulometria originaria delle metabasiti, è un'ulteriore conferma che al momento dell'intrusione dei granitoidi ordoviciani la sequenza doveva avere un alto grado di porosità e che quindi la « Strona-Ceneri » non doveva essere metamorfica.

ABSTRACT. — The « Strona-Ceneri » is a medium grade metamorphic formation consisting of two subunits: Cenerigneiss and Gneiss minuti with more or less feldspathized metabasites. The metamorphic overprint did not completely cancel the original sedimentary textures. New accurate field surveys in Val Veddasca (Luino - Varese) and a re-examination of the textures in the western side of Lake Maggiore allowed the definition of the geometric relationships between the various rock types.

Cenerigneiss and Gneiss minuti appear heteropical and belonging to a continuous sedimentary sequence; the interbedded metabasites represent more or less reworked vulcanoclastic sediments. The thin carbonatic interlayerings indicate a probable shallow water sedimentary environment.

The distribution of feldspatization seems to be dependent on the variation of the primary granulometry of the metabasites; this means that at the moment of the feldspatization, which is clearly

connected with the emplacement of the ordovician granitoids, the sequence was highly porous and accordingly not metamorphic.

Introduzione

La « Serie dei Laghi » è stata studiata a lungo da diversi autori, in particolare BORIANI e i suoi collaboratori si sono occupati delle zone ad ovest del Lago Maggiore. In questi ultimi anni le ricerche sono continuate anche sulla sponda orientale: GIOBBI ORIGONI ha portato a termine il rilevamento delle zone tra Luino e Indemini, CARIMATI e TESTA l'hanno esteso fino al confine svizzero (fig. 1). In questo lavoro gli aspetti di campagna e sedimentologici sono stati curati in particolare da CARIMATI e TESTA, mentre gli aspetti più strettamente petrografici sono stati curati da GIOBBI ORIGONI.

Cenni geologici

Diversi autori si sono occupati della « Serie dei Laghi », per brevità rimandiamo ai lavori di BORIANI et al. (1977, 1982), nei quali si può trovare una sintesi delle conoscenze sulla geologia e petrografia della zona.

BORIANI et al. (1977) riconoscono due unità principali:

- 1) « Scisti dei Laghi », costituiti da mica-scisti e paragneiss con intercalazioni di ortogneiss;
- 2) « Strona-Ceneri », costituita da:
 - a) « biotite-plagioclase gneisses »,

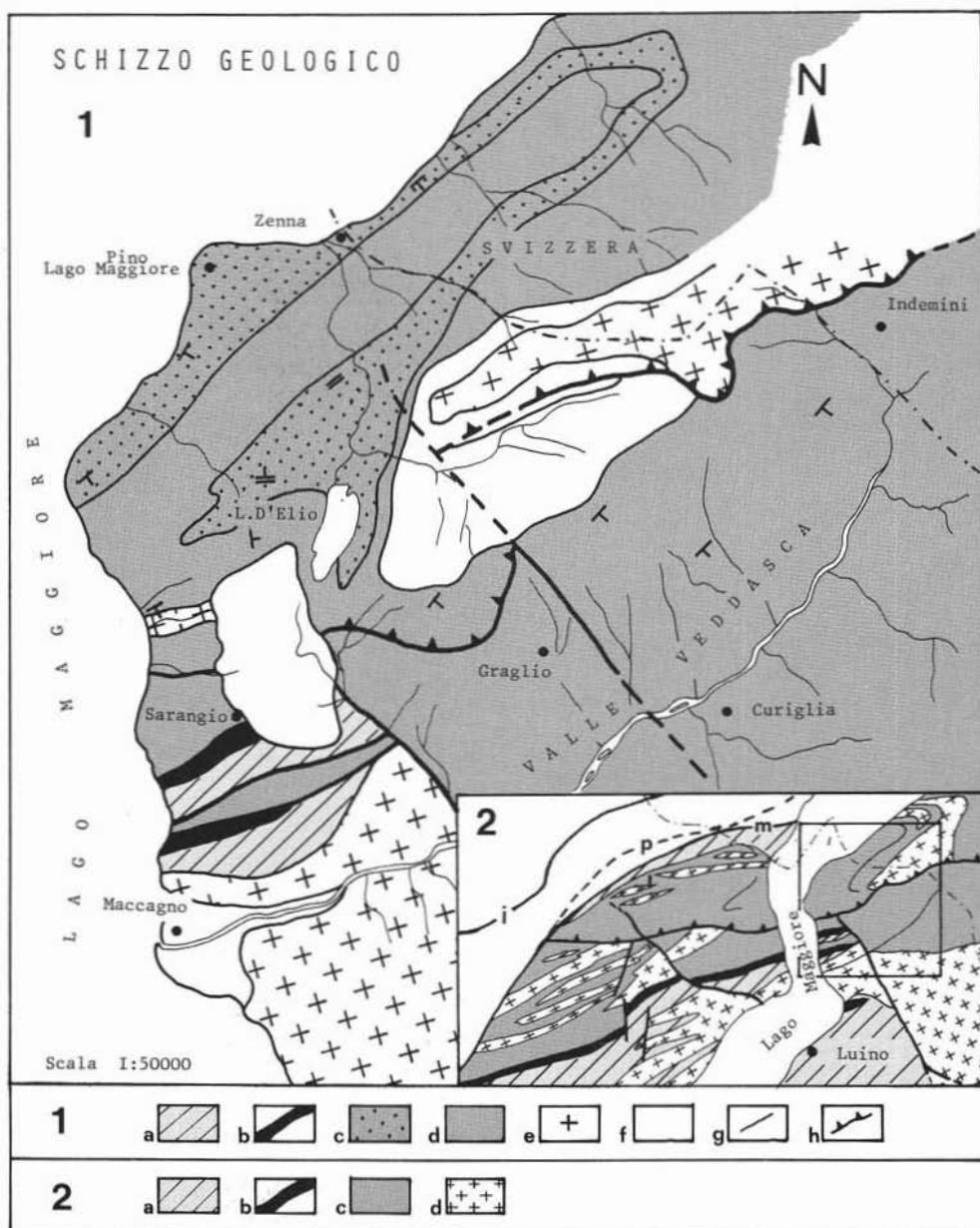


Fig. 1. — Carta geologica dell'area compresa tra la Val Veddasca e il confine svizzero. Nel riquadro è riportato lo schizzo geologico della «Serie dei Laghi», da BORIANI et al. (1982), modificato. - **1:** a = Micascisti e paragneiss («Scisti dei Laghi»); b = Metabasiti; c = Cenerigneiss; d = Gneiss minuti; e = Ortogneiss; f = Coperture; g = Faglie; h = Sovrascorrimenti. **2:** a = «Scisti dei Laghi»; b = Metabasiti; c = «Strona-Ceneri»; d = Ortogneiss; i = Linea Insubrica; p = Linea del Pogallo; m = Linea Cossato-Mergozzo-Brissago.

- b) «augen and flaser gneisses»,
 c) «Cenerigneiss»,
 d) «fine-grained gneisses».

Le due unità sono separate da un continuo

orizzonte di anfiboliti, feldspatizzate al margine meridionale.

Una delle maggiori difficoltà incontrate nello studio della «Strona-Ceneri» riguarda

la definizione univoca dello « Gneiss biotitico-plagioclasico ». BORIANI et al. (1977) lo definiscono come « *the framework of the "Strona-Ceneri"* » e come « *gneisses whose texture and mineralogical characteristics are so highly variable from place to place* ».

Più recenti rilevamenti di dettaglio in Val Veddasca hanno permesso di affermare che il litotipo cartografato precedentemente come « *gneiss biotitico-plagioclasico* » in realtà deve essere smembrato e ricartografato come ortogneiss o gneiss occhiadino della « Serie dei Laghi » e sua roccia incassante (Cenerigneiss, gneiss minuto), arricchita in biotite per processo metasomatico. In particolare lo studio chimico-petrografico ha permesso di definire gli ortogneiss come veri e propri corpi intrusivi di composizione granodioritico-tonalitica e gli « *augen gneisses* » come i differenziati acidi di questo magma. Lo studio radiometrico ha messo in evidenza un'età dell'intrusione di 466 ± 5 m.a. (metodo Rb/Sr su roccia totale); i corpi eruttivi ordoviciani si sarebbero intrusi sia negli « Scisti dei Laghi » che nella « Strona-Ceneri ». Al momento dell'intrusione gli gneiss minuti, i Cenerigneiss e le metabasiti presentavano un grado metamorfico basso o addirittura assente (BORIANI et al., 1982).

In base a queste considerazioni, in accordo con quanto proposto da BORIANI ed altri (1982), lo schema dei rapporti tra le unità potrebbe essere il seguente:

- a) « *Scisti dei Laghi* », composti da micascisti e paragneiss con intercalazioni di ortogneiss;
- b) « *Strona-Ceneri* » costituita da fitte alternanze di Cenerigneiss e gneiss minuti, con intercalazioni di ortogneiss, gneiss occhiadini e pegmatiti.

Le due unità sono separate da un orizzonte di *metabasiti*. Fino ad ora non erano ben chiare le relazioni esistenti tra i Cenerigneiss e gli Gneiss minuti e soprattutto era incerta l'attribuzione delle metabasiti all'una o all'altra unità. Ci è sembrato perciò opportuno esaminare in dettaglio la stratigrafia della « *Strona-Ceneri* » e tentare di ricostruire i rapporti tra le diverse rocce prima dell'intrusione dei granitoidi ordoviciani.

In questo lavoro esamineremo in dettaglio la « *Strona-Ceneri* », le *metabasiti* e solo quella parte degli « *Scisti dei Laghi* » che si

trova a contatto con le metabasiti. Riteniamo che lo studio approfondito dei micascisti e dei paragneiss debba essere materia di ulteriori ricerche a carattere regionale.

In sintesi riportiamo i caratteri più significativi di ciascuno dei litotipi costituenti la « *Serie dei Laghi* », in sequenza dal basso verso l'alto.

« SCISTI DEI LAGHI »

Micascisti e paragneiss

Sono contraddistinti da pieghe isoclinali, assenti nelle altre unità, e da una marcata differenziazione metamorfica, in bande più micacee alternate a bande più quarzose. Presentano rare intercalazioni di anfiboliti o di gneiss anfibolici e mai intercalazioni di marmi.

La microstruttura è grano-porfiroblastica, con frequenti peciloblasti di granato e plagioclasio e più rara staurolite. La paragenesi è data da: *quarzo, plagioclasio, muscovite, biotite, granato* e talora *staurolite* e/o *ciannite*. Solo raramente, e al contatto con gli ortogneiss, è presente *sillimanite* (BORIANI et al., 1982).

Nei micascisti sono evidenti due fasi deformative, la prima ha portato alla formazione di S_1 . In questa fase si sono formati i granati peciloblastici con strutture rotazionali. Nella seconda fase di deformazione si è avuto un piegamento con formazione di S_2 e crescita dei plagioclasii sin-postcinematici. Questo piegamento è ben visibile nei letti micacei, dove le miche ricristallizzano in archi poligonali.

I micascisti sono presenti come inclusi negli ortogneiss ordoviciani e talvolta mostrano micropiegamento.

Metabasiti

L'orizzonte di anfiboliti feldspatizzate, la cui continuità è stata riconosciuta da Merizzo fino a Cannobio, è stato studiato in dettaglio da BORIANI e GIOBBI MANCINI (1972). La feldspatizzazione sarebbe connessa, secondo gli autori, ad un fenomeno metasomatico più intenso nelle rocce più permeabili, a comportamento più rigido, meno intenso in quelle a comportamento più plastico. Secondo questa interpretazione il fattore che controlla la feldspatizzazione sarebbe

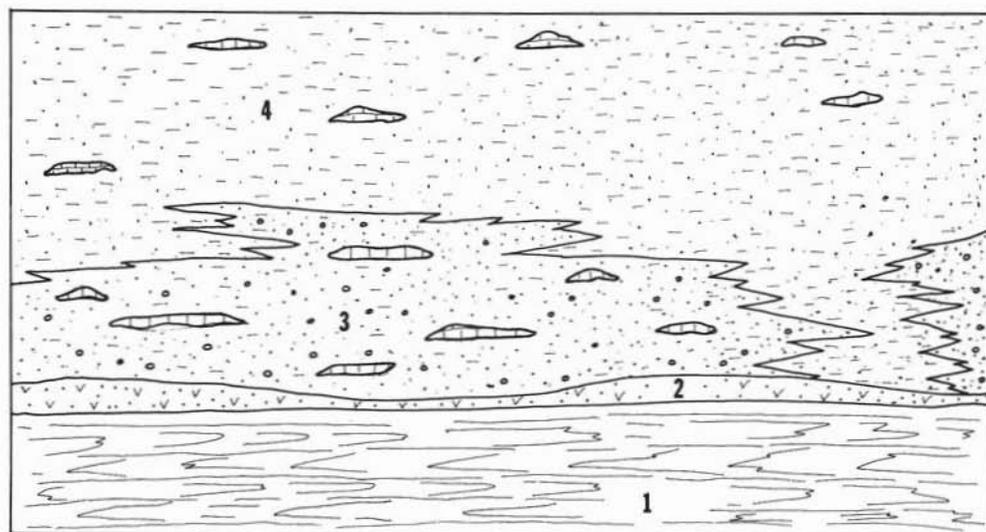


Fig. 2. — Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità in esame: 1) « Scisti dei Laghi »: probabili metapeliti; 2) Metabasiti: vulcanoclastiti costituite principalmente da tufi, tufti e da arenarie a clasti di origine vulcanica; 3) Cenerigneiss: arenarie da medie a grossolane, talora conglomeratiche, con locali interstrati argillosi, frequenti intercalazioni carbonatiche, a distribuzione omogenea; 4) gneiss minuti: arenarie fini con frequenti intercalazioni argillose, strati di natura carbonatica, irregolarmente distribuiti.

quindi la competenza, piuttosto che la porosità.

L'età della feldspatizzazione è riferita ad un intercinematico 1-2 (BORIANI, 1970 a), prima della fase cinematica che avrebbe causato il piegamento delle vene feldspatiche, il « flattening » degli occhi di feldspato e la formazione della S_2 nei mica-scisti e paragneiss.

La causa della feldspatizzazione era da attribuirsi, secondo BORIANI e GIOBBI MANCINI (1972) all'anatessi dei Cenerigneiss, ma le più recenti ricerche di campagna e lo studio degli ortogneiss intercalati nella « Serie dei Laghi » e dei loro contatti con la roccia incassante (BORIANI et al., 1982), hanno permesso di legare la feldspatizzazione, senza ombra di dubbio, all'intrusione dei granitoidi ordoviciani.

« STRONA-CENERI »

Cenerigneiss

I Cenerigneiss, studiati ampiamente da diversi autori (BÄCHLIN, 1937; REINHARD, 1953, 1964; BORIANI, 1968, 1970 a, 1970 b; GIOBBI MANCINI e POTENZA BIANCHI, 1972; BORIANI e CLERICI RISARI, 1970; BORIANI

et al., 1973), sono costituiti da un paragneiss di composizione quarzoso-feldspatica a grana variabile da media a grossolana fino a conglomeratica e tessitura da scistosa a granulare.

Nei Cenerigneiss, in cui si notano forti variazioni strutturali e tessiturali, non si osservano le pieghe isoclinali presenti nei mica-scisti e nei paragneiss degli « Scisti dei Laghi ». Essi inoltre presentano una sola deformazione, avvenuta durante la fase che ha piegato tutta la serie con formazione di S_2 , seguita da ricristallizzazione in ambiente statico (BORIANI, 1970 b). La loro origine è stata attribuita sia a processi magmatici (BÄCHLIN, 1937; BORIANI, 1968) sia a genesi puramente sedimentaria (REINHARD, 1964).

Caratteristica peculiare dei Cenerigneiss è la presenza di numerosi inclusi a silicati di calcio, caratterizzati da un anello di reazione e da composizione zonata dal centro alla periferia (BORIANI e CLERICI RISARI, 1970), precedente all'evento deformativo che ha portato alla separazione in frammenti e allo schiacciamento degli inclusi.

Questo evento è responsabile della formazione di pieghe, più o meno strizzate, con piani assiali subverticali, che avrebbero coin-

volto tutta la successione e deformato le fitte alternanze tra gli Gneiss minuti e i Ceneri-gneiss.

Gneiss minuti

Negli Gneiss minuti sono presenti solo pieghe simili; la loro struttura è granoblastica tendente a poligonale per cui BÄCHLIN (1937) li definì « *Biotithornfels gneisse* » e REINHARD (1964) « *Hornfelsgneisse* ».

In prossimità dei filoni pegmatitici si formano noduli a silicati di alluminio interpretati dagli Autori come antiche chiastoliti di contatto (BÄCHLIN, 1937) e questo conferma che gli Gneiss minuti, al momento dell'intrusione dei granitoidi ordoviciani, erano poco o nulla metamorfici (BIGIOGGERO e BORIANI, 1975).

In conclusione dall'esame dei lavori precedenti possiamo evidenziare i seguenti punti:

- la « *Strona-Ceneri* » e gli « *Scisti dei Laghi* » sembrano mostrare tipi di deformazioni differenti;
- le anfiboliti vengono considerate un orizzonte limite tra le due unità e difficilmente attribuibili all'una o all'altra;
- le anfiboliti e localmente anche i Ceneri-gneiss e gli Gneiss minuti sono stati più o meno intensamente interessati da un processo metasomatico attribuibile all'intrusione dei granitoidi ordoviciani.

Ricostruzione della successione sedimentaria

Dall'analisi di campagna delle caratteristiche litologiche tessiturali e strutturali degli attuali metasedimenti, è stata ricostruita la sequenza litologica della successione (fig. 2).

Metabasiti

Stratigraficamente soprastante agli « *Scisti dei Laghi* » si osserva un livello di metabasiti di spessore variabile, da ≈ 10 m a ≈ 300 m caratterizzato da una alternanza litologica, a distribuzione disomogenea, costituita da (fig. 3):

- banconi dello spessore di 50 cm - 1 m di gneiss anfibolico feldspatizzato;
- livelli decimetrici di anfiboliti gneissiche feldspatizzate;

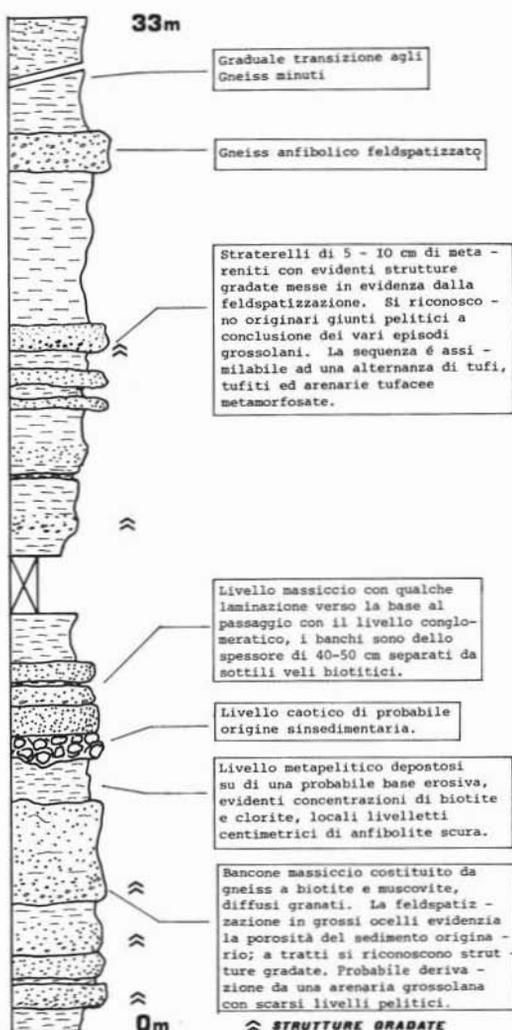


Fig. 3. — Serie stratigrafica nelle metabasiti di Sarangio: le alternanze litologiche, granulometricamente corrispondenti a peliti ed areniti, sono messe in evidenza dalla feldspatizzazione.

— livelli centimetrici di anfiboliti scure, compatte non feldspatizzate.

L'alternanza litologica attuale è legata ad una originaria variazione tipologica dei sedimenti (fig. 4). Doveva trattarsi di una sequenza a distribuzione apparentemente casuale di tuffi, tuffiti ed arenarie a clasti di composizione prevalentemente vulcanica, a granulometria variabile da grossolana a fine.

A tratti si riconoscono livelli originariamente pelitici nei quali è ancora identificabile una laminazione parallela, che la scistosità



Fig. 4. — Metabasiti: bancone massiccio di gneiss anfibolico feldspatizzato costituito da una metarenite grossolana passante a metapelite.



Fig. 6. — Metabasiti: livello metarenitico con struttura gradata evidenziata dalla feldspatizzazione. Il fenomeno ricalca l'originaria porosità del sedimento.



Fig. 5. — Cenerigneiss: incluso di natura carbonatica con evidenti laminazioni di origine sedimentaria.

più intensa mette in evidenza.

Nelle metabasiti è presente una diffusa feldspatizzazione la cui distribuzione appare fortemente influenzata dagli elementi tessuturali ricalcati sulle originarie strutture sedimentarie (fig. 6). Sembra che la feldspatizzazione sia avvenuta quando il sedimento non era completamente diagenizzato e quindi

i fenomeni di compattazione e cementazione non avevano ancora ridotto del tutto le caratteristiche petrofisiche di porosità e permeabilità originarie del sedimento.

Sono evidenti strutture gradate dove la feldspatizzazione, in forma di piccoli ocelli, mette in risalto le variazioni di porosità utile (stretto legame con il grado di permeabilità) decrescente, nelle diverse sequenze, dal basso verso l'alto. Tali strutture sono particolarmente numerose nella serie di Sarangio dove si è potuta riconoscere la polarità dell'originaria sedimentazione (fig. 3).

Il passaggio tra le *metabasiti* e la soprastante « *Strona-Ceneri* » è per transizione graduale, talora per alternanze, talora per miscela delle due componenti principali con facies intermedie tipo gneiss anfibolico. Localmente le metabasiti si presentano intercalate sia negli Gneiss minuti che nei Cenerigneiss (Alpone e Garabiolo in Val Veddasca, Orascio).

Cenerigneiss

I Cenerigneiss appaiono costituiti principalmente da rocce gneissiche di composizione quarzoso-feldspatica. In essi non si riconoscono particolari strutture salvo una alternanza in banchi a differente granulometria.

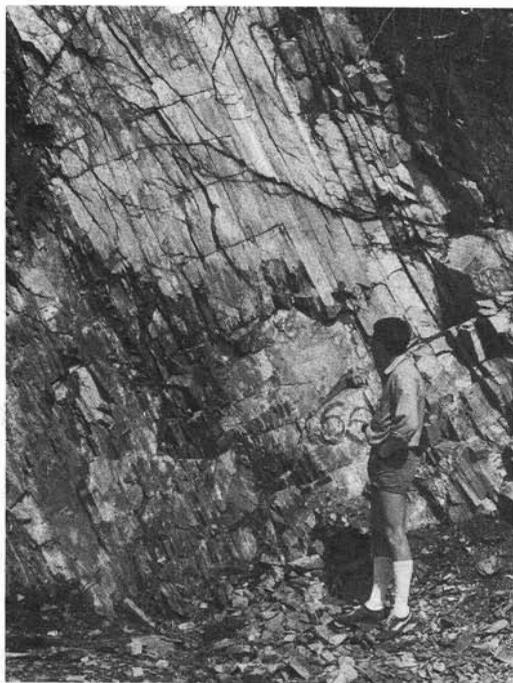


Fig. 7. — Gneiss minuti: gneiss a grana fine nel quale si osserva il mantenersi della stratificazione originaria (piani *S*).

Si suppone derivino dal metamorfismo di arenarie a grana da media a grossolana con locali livelli conglomeratici (particolarmente evidenti al M. Vadà sulla sponda occidentale del Lago Maggiore), rari i livelli pelitici.

Si osservano in tutta l'unità intercalazioni calcio-silicatiche dalle dimensioni variabili da 10 cm a 50 cm, di forma tendenzialmente ovoidale (BORIANI e CLERICI RISARI, 1970), nelle quali sono ancora riconoscibili le laminazioni dell'originario sedimento (fig. 5). Questi noduli deriverebbero dal metamorfismo di livelletti calcarei, di forma ed estensione variabile, assimilabili, in taluni casi, a strutture tipo *ripples*.

Gneiss minuti

Gli Gneiss minuti sono rocce a grana decisamente più fine dei Cenerigneiss, attualmente variabili in composizione da quarziticca a micacea, talora anfibolica. Si tratta di paraderivati da arenarie fini con abbondante frazione argillosa.

Negli affioramenti a maggior continuità e



Fig. 8. — Eteropia di facies tra Cenerigneiss e Gneiss minuti particolarmente complicata dall'evento di stress.

lontani da situazioni tettonicamente anomale, si può osservare il mantenersi delle principali strutture sedimentarie, come la stratificazione (piani *S*) (fig. 7) e alcuni accenni di strutture gradate.

Sono presenti, anche in questa unità, inclusi calcio-silicatici, di forma generalmente ovoidale o in straterelli centimetrici, a distribuzione meno uniforme che nei Cenerigneiss. Essi deriverebbero, anche in questo caso, dal metamorfismo di livelli di composizione calcarea e/o calcisiltitica.

Gli Gneiss minuti sono per lo più stratigraficamente soprastanti ai Cenerigneiss, localmente però si interdigitano, soprattutto in corrispondenza dell'intervallo di transizione tra le due litofacies: le evidenze sono in massima parte alla scala dell'affioramento (fig. 8) (loc. Poggio, strada lungolago per Zenna) dove litofacies di Gneiss minuto si intercalano a litofacies di Cenerigneiss, talora con passaggi netti, tal altra gradualmente (fig. 9).

Possiamo definire quindi le due facies eteropiche tra loro, situazione particolarmente



Fig. 9. — Alternanze irregolari di differenti litofacies al passaggio tra Cenerigneiss e Gneiss minuti.

te frequente nei processi di sedimentazione di materiale terrigeno soprattutto negli ambienti di deposizione prossimi alla costa. Le interdigitazioni potrebbero essere connesse sia al migrare della linea di costa, che al variare delle condizioni d'apporto.

Come si osserva nello schema dei rapporti stratigrafici proposto (fig. 2), i rapporti laterali tra le due litofacies sono caratterizzati da interdigitazioni alla scala dell'intero bacino. Questa interpretazione permette di comprendere il significato delle diverse ripetizioni di serie nell'ambito della « Strona-Ceneri », altrimenti mal giustificabili attraverso complessi fenomeni metamorfici e tettonici.

L'intensa tettonica a schlingen, connessa con la vicina dislocazione in subrica (BORIANI et al., 1977; BORIANI e SACCHI, 1973), avrebbe oltremodo complicato l'assetto attuale delle unità in esame, soprattutto a livello regionale, mantenendo però intatte le variabilità di litofacies alla scala mesoscopica.

Analisi chimiche

Per meglio caratterizzare i Cenerigneiss e gli gneiss minuti sono state eseguite analisi

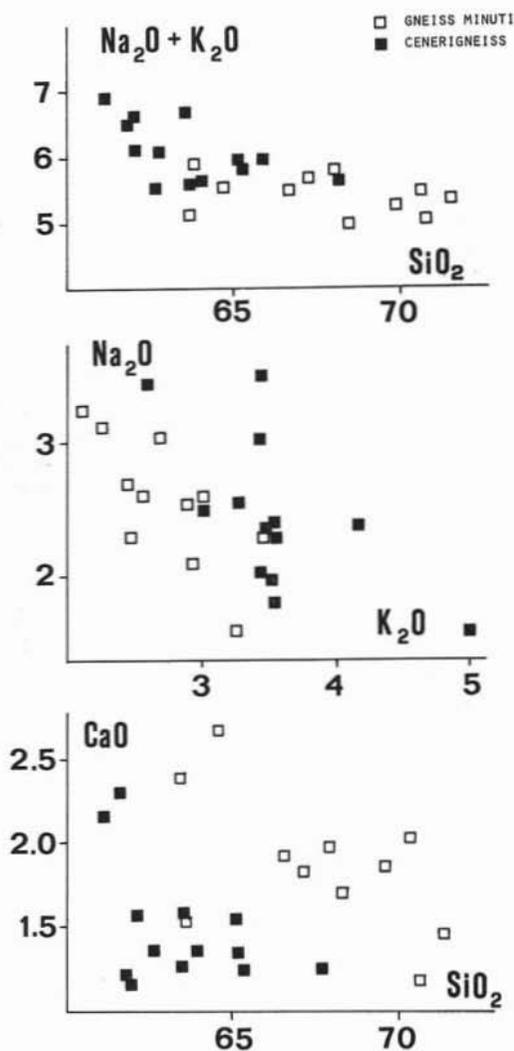


Fig. 10. — I diagrammi binari $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$, CaO/SiO_2 e $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ mettono in evidenza lievi differenze nel contenuto in SiO_2 e CaO nei Cenerigneiss e negli Gneiss minuti. Il contenuto in alcali inoltre è leggermente più alto nei Cenerigneiss che non negli Gneiss minuti. La maggior dispersione dei punti rappresentativi degli Gneiss minuti è imputabile alla loro eterogeneità litologica.

degli elementi maggiori delle due litofacies.

I campioni sono stati scelti in maniera da avere di ciascun gruppo la massima rappresentatività. I Cenerigneiss sono stati prelevati sia nell'orizzonte principale a ovest del Lago Maggiore, sia nelle intercalazioni di minor potenza nella zona del Lago Delio, negli Gneiss minuti sono state scelte tendenzialmente le intercalazioni più micacee o più

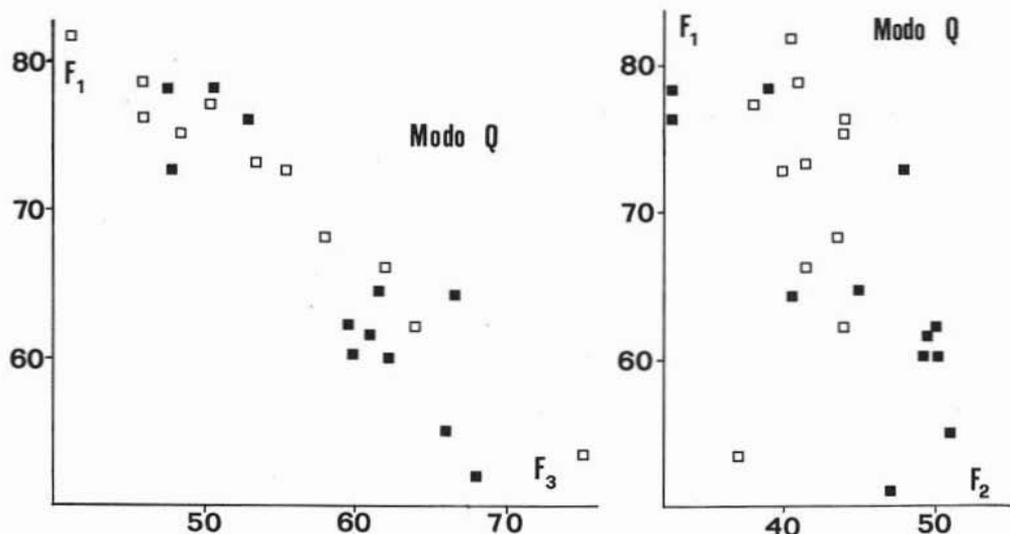


Fig. 11. — Rappresentazione su diagrammi binari dei risultati dell'analisi fattoriale modo Q. Sono rappresentate le distribuzioni dei campioni secondo i primi tre fattori ruotati (F_1 , F_2 , F_3 , rotazione varimax). I due gruppi di campioni differiscono per il tipo di dispersione, più regolare nei Cenerigneiss (■), meno regolare negli Gneiss minuti (□).

arenacee, tralasciando i banchi quarzosi.

Le analisi sono state eseguite sia per spettrometria a fluorescenza X, sia in assorbimento atomico.

I risultati delle analisi sono stati riportati in tabella 1.

I dati sono stati successivamente riportati in diagrammi (fig. 10) ed elaborati statisticamente con analisi di correlazione ed analisi fattoriale modo Q (ONDRICK e SRIVASTAVA, 1970) (fig. 11).

Si nota innanzitutto come, nel diagramma modificato di PETTIJOHN et al. (1972), i campioni rientrano per la maggior parte nel campo delle grovacche (fig. 12).

I diagrammi binari, inoltre, indicano alcune differenze tra Cenerigneiss e Gneiss minuti: i caratteri petrochimici riflettono quindi quelli sedimentologici e strutturali notati nell'osservazione in campagna, permettendo di affinarne l'interpretazione.

La dispersione dei valori, a livello dei principali elementi maggiori, ben si accorda con la minore omogeneità litologica e tessiturale degli Gneiss minuti rispetto ai Cenerigneiss.

Inoltre differenze nel contenuto di silice sono correlabili con l'andamento e la distribuzione delle intercalazioni quarzose: negli Gneiss minuti infatti il quarzo è concentrato

in bande irregolarmente distribuite, mentre nei Cenerigneiss esso è disperso in modo più omogeneo in tutta la compagine rocciosa. Altrettanto si può dire per quanto riguarda la distribuzione del calcio in relazione ai pro-

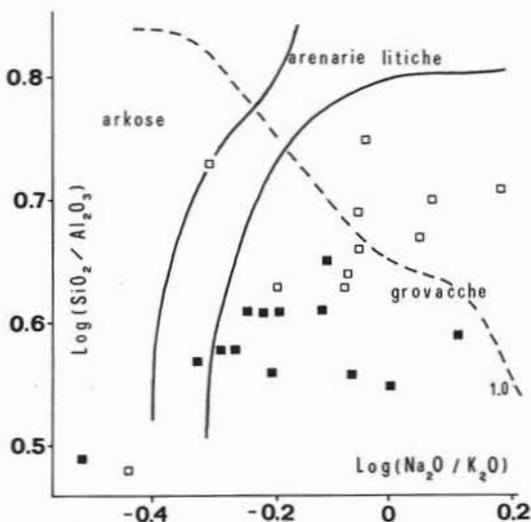


Fig. 12. — Diagramma modificato di PETTIJOHN et al. (1972). I punti rappresentativi degli Gneiss minuti (□) e dei Cenerigneiss (■) cadono nell'ampio campo delle grovacche.

TABELLA 1

Analisi chimiche di Cenerigneiss e Gneiss minuti. Località e coordinate I.G.M.

Campione	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	Somma
GNEISS MINUTTI													
BT 69	63.42	1.40	14.85	2.53	5.03	.12	2.88	2.20	2.30	3.49	.29	.80	99.31
BT 61/a	64.62	.89	15.27	2.29	4.19	.10	2.50	2.48	2.77	2.72	.23	1.10	99.16
BT 102	70.65	.76	13.13	.97	2.94	.06	2.00	.92	1.67	3.28	.22	3.36	99.96
BT 103	63.64	.89	16.11	2.86	4.01	.10	3.00	1.37	2.19	2.89	.20	2.46	99.72
BT 62	67.14	1.25	13.75	2.30	3.84	.10	2.19	1.64	2.68	3.03	.31	.88	99.11
BT 71	66.56	.84	15.30	2.07	3.50	.06	2.20	1.72	2.63	2.83	.29	1.54	99.54
BT 9	71.48	.85	12.76	1.52	3.14	.07	2.03	1.28	3.14	2.14	.25	1.05	99.71
BT 50	67.99	.90	14.39	1.99	3.24	.08	1.98	1.79	3.05	2.69	.27	.89	99.26
BT 79	69.69	.77	14.05	1.53	3.07	.08	1.95	1.67	2.79	2.38	.23	1.31	99.52
BT 81	70.29	.89	13.58	1.63	3.01	.08	1.70	1.85	3.24	2.14	.27	.73	99.41
BT 82	68.31	.84	14.82	1.83	3.80	.08	2.20	1.52	2.28	2.54	.22	1.28	99.72
CENERIGNEISS													
BT 42	62.71	1.01	16.92	2.95	4.07	.10	3.08	1.18	1.79	3.66	.23	1.73	99.43
BT 68	63.56	.90	16.85	2.12	3.73	.09	2.51	1.38	2.38	4.24	.20	1.41	99.37
BT 59	65.03	.87	16.11	2.12	3.93	.08	2.50	1.35	2.57	3.27	.24	1.71	99.78
BT 73	61.81	.79	19.79	1.76	3.67	.06	2.11	.98	1.57	5.01	.14	1.88	99.57
BT 56	61.68	1.02	17.18	2.32	4.38	.06	2.51	2.11	3.02	3.49	.50	1.03	99.30
BT 77	63.97	.99	15.64	2.56	4.80	.08	3.01	1.19	2.05	3.47	.20	1.69	99.65
BT 78	62.30	.89	17.32	2.45	4.17	.10	3.01	1.40	2.35	3.65	.25	1.98	99.87
EG 24	61.07	.94	17.26	3.56	3.57	.10	2.38	1.98	3.44	3.43	.26	1.52	99.51
EG 27	61.95	.67	15.79	5.64	.50	.11	4.37	.79	3.43	2.68	.13	3.77	99.83
EG 10	63.64	.74	16.63	2.84	3.45	.08	2.79	1.09	1.92	3.61	.24	2.76	99.79
EG 12	65.08	.81	16.08	2.74	3.44	.08	2.88	1.16	2.32	3.54	.21	1.95	100.29
EG 16	65.36	.73	16.07	2.57	3.35	.08	2.62	1.05	2.32	3.67	.26	2.19	100.27
EG 17	67.69	.69	15.22	2.47	3.16	.06	2.28	1.04	2.50	3.18	.17	1.86	100.32

BT69 Loc. Lanterna 78660318 - BT101 M. Cadrigna 82000266 - BT62 Loc. Albergo 81180220 - BT9 St. Armio-Lozio 84760280 - BT79 Passo Forcora 82880264 - BT82 St. Biegno-Indemini 86220423 - BT68 Loc. Lanterna 78630322 - BT73 St. Pino-Tronzano 79780496 - BT77 M. Borgna 81130263 - EG24 M. Bavarione 69239810 - EG10 M. Vada 65079573 - EG16 M. Vada 65079573 - BT61/A Lago d'Elvio 81040312 - BT103 Val Casmera 81020142 - BT71 Monti di Gerra 84420756 - BT50 Loc. Bassano 80340486 - BT81 A. Cadrigna 81580286 - BT42 Monti di Bassano 80800380 - BT59 Sasso di Pino 79790566 - BT56 St. Bassano-Tronzano 80070495 - BT78 M. Borgna 80000292 - EG27 M. Bavarione 69259815 - EG12 M. Zeda 65489550 - EG17 Rif. M. Vada 64969579.

babili livelli carbonatici primari. Il maggior contenuto di alcali e in particolare di potassio nei Cenerigneiss, è da mettere in relazione ad un maggior contenuto in K-feldspato e miche (biotite e muscovite), mentre negli Gneiss minuti sembra predominare la componente plagioclasica.

Queste considerazioni vengono ulteriormente rafforzate dall'esame della matrice di correlazione e dai risultati dell'analisi fatto-

riale modo Q. La matrice di correlazione infatti indica che (tab. 2):

- 1) il rapporto SiO₂/altri ossidi, quando è significativo, è sempre negativo a conferma delle considerazioni sul ruolo della componente quarzosa tratte dai diagrammi binari;
- 2) i rapporti alcali/Al₂O₃/CaO indicano relazioni inverse tra i componenti di K-feldspato e plagioclasio, nonché tra in-

TABELLA 2

Matrice di correlazione che riassume i risultati ottenuti con l'analisi statistica

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Ti	-.189										
Al	-.861+	-.097									
Fe ₃	-.634+	-.076	.341								
Fe ₂	-.223	.645+	.207	-.426							
Mn	-.415	.492	.037	.562+	.070						
Mg	-.655+	-.023	.361	.868+	-.231	.567+					
Ca	-.029	.575+	-.156	-.190	.467	.268	-.318				
Na	.128	.011	-.318	.307	-.403	.180	-.026	.450			
K	-.658+	.071	.807+	.060	.329	-.062	.188	-.299	-.615		
P	-.020	.485	-.104	-.231	.404	-.129	-.270	.605	.301	-.125+	
H ₂ O	-.219	-.588+	.203	.470	-.557+	-.015	.575+	-.737+	-.307	.207	-.502+

+ Valori significativi al livello di probabilità = 1% (24 casi, valore di soglia = ± .487).

sieme dei feldspati e componenti micacei;

- anche il rapporto inverso tra Fe₂O₃/MnO/MgO e SiO₂/Al₂O₃/NaO si accorda con un comportamento antitetico dei componenti metapelitici rispetto a quelli metarenitici;
- i rapporti diretti Fe₂O₃/MgO/MnO indicano un comportamento dei componenti metapelitici che ben si accorda con le osservazioni sugli altri componenti.

Dall'analisi fattoriale modo *Q* si ricava che dal punto di vista quantitativo i Cenerigneiss e gli Gneiss minuti sono rocce abbastanza simili pur presentando un differente tipo di dispersione.

In conclusione dal punto di vista petrochimico Cenerigneiss e Gneiss minuti sembrano costituire, almeno per quanto riguarda gli elementi maggiori, due gruppi nel loro interno abbastanza omogenei, ma tra loro distinti. Queste distinzioni sembrerebbero riflettere le differenze strutturali e tessiturali osservate sul terreno.

Considerazioni ambientali

La definizione dei possibili ambienti nei quali si sono depositi i sedimenti che hanno originato l'attuale insieme di metamorfiti è complicata dalla lunga storia tettonica e metamorfica di questa regione. Tuttavia i nuovi elementi raccolti con il rilevamento orientato

in senso sedimentologico, associati alle precedenti conoscenze, sembrano sufficienti ad abbozzare un tentativo di ricostruzione ambientale.

In generale, tutti i litotipi mostrano una derivazione comune da sedimenti di ambiente di mare basso. Le differenze, soprattutto nell'ambito della « Strona-Ceneri », sarebbero legate a variazioni di posizione rispetto alla linea di costa.

I Cenerigneiss, in particolare, mostrano caratteri tessiturali piuttosto omogenei, tali da far supporre una dinamica di sedimentazione costante nel tempo.

La scarsità di livelli metapelitici, a favore di cospicui spessori di metareniti, localmente grossolane, fa supporre un ambiente di mare basso, epicontinentale.

Le attuali intercalazioni calcio-silicatiche potrebbero essere connesse con la sedimentazione di banchi carbonatici di variabile forma e spessore. L'attuale aspetto di questi inclusi può far pensare a sedimentazioni di *ripples* (es. *starved ripple*) tipici dell'ambiente in questione (POTTER et al., 1980).

Gli Gneiss minuti apparterebbero al medesimo ambiente dei Cenerigneiss, rispetto ai quali tuttavia la maggiore eterogeneità litologica, unita ad una granulometria tendenzialmente più fine, permetterebbe di ipotizzare una posizione più distale rispetto alla sorgente di alimentazione.

Anche negli Gneiss minuti si riconoscono intercalazioni carbonatiche che, rispetto a quelle osservate nei Cenerigneiss, mostrano una distribuzione meno omogenea in relazione ad una maggiore variabilità delle condizioni di sedimentazione.

Gli Gneiss minuti sembrerebbero avere, in questo contesto, un grado di maturità inferiore rispetto ai Cenerigneiss.

La continuità della successione osservata sul terreno tra le *metabasiti* e la soprastante « *Strona-Ceneri* », fa supporre, per le prime, un ambiente di deposizione prossimo alla costa in un mare a basso battente d'acqua.

La presenza nella sequenza di livelli di gneiss anfibolici e gneiss quarzoso-feldspatici, permette di ipotizzare un apporto irregolare del materiale vulcanoclastico che sembrerebbe alternarsi a normali sedimenti terrigeni. Localmente dovevano crearsi condizioni di parziale instabilità come dimostra la presenza di livelli a sedimentazione caotica (serie di Sarangio).

Conclusioni

La revisione stratigrafica della « *Strona-Ceneri* », eseguita attraverso un dettagliato esame delle caratteristiche sedimentologiche, ha permesso di meglio definire le relazioni geometriche fra Cenerigneiss e Gneiss minuti e la loro connotazione ambientale.

Ha inoltre reso possibile attribuire le *metabasiti*, fino ad ora interpretate come un orizzonte limite tra la « *Strona-Ceneri* » e gli « *Scisti dei Laghi* », alla « *Strona-Ceneri* ». Infatti l'esame sedimentologico ha messo in evidenza la continuità della successione tra metabasiti, Cenerigneiss e Gneiss minuti, che potrebbero appartenere quindi ad un unico ciclo sedimentario, sviluppatosi in un bacino di età certamente preordoviciana.

Le tre facies, soprattutto nelle fasce transizionali, appaiono eteropiche tra di loro, a dimostrare condizioni di sedimentazione in un ambiente estremamente variabile e dove il battente d'acqua doveva avere uno spessore esiguo (ambiente epicontinentale).

L'interpretazione dei noduli calcio-silicatici, presenti sia nei Cenerigneiss che negli Gneiss minuti, come possibili originarie strutture di ripples, megaripples o di sottili straterelli carbonatici, ben si inserisce nel contesto am-

bientale proposto.

L'analisi dettagliata delle metabasiti, specialmente nella serie di Sarangio, ha permesso di attribuire la loro origine a sedimenti vulcanoclastici più o meno rimaneggiati. Sono state infatti riconosciute strutture gradate, presenti soprattutto nei livelli più grossolani. Le variazioni granulometriche, e quindi del grado di porosità del sedimento originario (più o meno diagenizzato), sono messe in risalto dalla differente distribuzione e dalle dimensioni variabili degli occhi feldspatici, in relazione al variare della porosità e permeabilità primarie. Dato che l'evento metasomatico che ha portato alla formazione degli occhi di feldspato è da attribuirsi all'intrusione dei granitoidi ordoviciani, dobbiamo affermare che le anfiboliti al momento dell'intrusione erano porose e quindi per nulla metamorfiche. Data inoltre la continuità della successione sedimentaria tra metabasiti, Gneiss minuti e Cenerigneiss anche le rocce della « *Strona-Ceneri* », in parte affette da fenomeni metasomatici, dovevano essere non metamorfiche al momento dell'intrusione, in pieno accordo con l'ipotesi di BORIANI et al. (1982).

Per quanto riguarda le relazioni tra gli « *Scisti dei Laghi* » e la « *Strona-Ceneri* », allo stato attuale delle conoscenze, possiamo formulare solo alcune ipotesi.

Abbiamo visto che nelle rocce della « *Strona-Ceneri* » è individuabile un solo tipo di deformazione, che ha portato alla formazione di pieghe simili. Negli « *Scisti dei Laghi* », al contrario, sono ben visibili due eventi scistogeni, il secondo dei quali ha portato alla formazione di pieghe isoclinali. Gli « *Scisti dei Laghi* » quindi, al momento dell'intrusione dei granitoidi ordoviciani dovevano già essere debolmente metamorfici (BORIANI et al., 1982).

Supponendo invece che le diversità di deformazione siano dovute semplicemente al diverso comportamento meccanico delle due unità, durante le stesse fasi di piegamento, potremmo ammettere che « *Scisti dei Laghi* » e « *Strona-Ceneri* » appartengano allo stesso ciclo sedimentario e dovremmo trovare continuità di sedimentazione tra le metapeliti degli « *Scisti dei Laghi* » e le *metabasiti*.

Nei micascisti e paragneiss sono presenti intercalazioni di anfiboliti non feldspatizzate e ciò avvalorerebbe l'ipotesi di una conti-

nità sedimentaria tra gli « *Scisti dei Laghi* » e la « *Strona-Ceneri* ». Le conoscenze petrologiche sulle *metabasiti* sono ancora troppo scarse per poterle caratterizzare, sia da un punto di vista genetico che ambientale. Mentre sono chiare le relazioni tra le metabasiti feldspatizzate e la « *Strona-Ceneri* », restano da chiarire i rapporti tra le metabasiti non feldspatizzate, quelle feldspatizzate e le anfiboliti presenti nell'Ivrea-Verbano.

Uno studio dettagliato di queste metabasiti potrà portare ad una migliore conoscenza

dell'evoluzione dell'intera sequenza metamorfica, problema che esula dallo scopo del nostro lavoro, volto essenzialmente a riconoscere le relazioni geometriche tra diverse litofacies in una limitata sequenza metamorfica.

Ringraziamenti. — Gli autori ringraziano il Dr. G.M. CRISCI per aver eseguito le analisi in spettrometria di fluorescenza X, il Prof. R. GELMINI ed il Dr. R. Potenza per i consigli forniti durante il lavoro e per la lettura critica del manoscritto.

Lavoro eseguito nell'ambito del Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi centrali del C.N.R. di Milano.

BIBLIOGRAFIA

- BÄCHLIN R. (1937) - *Geologie und Petrographie des M. Tamaro Gebietes*. S.M.P.M., 17, 1-79.
- BIGIOGGERO B. & BORIANI A. (1975) - *I noduli a silicati di Al degli Gneiss minuti della « Strona-Ceneri »*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 2073-2084.
- BORIANI A. (1968) - *Il settore meridionale del gruppo del Monte Zeda (Lago Maggiore, Italia): Osservazioni petrogenetiche*. S.M.P.M., 48, 175-188.
- BORIANI A. (1970 a) - *The « Pogallo Line » and its connection with the metamorphic and anatectic phases of « Massiccio dei Laghi » between the Ossola Valley and Lake Maggiore (Northern Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 89, 415-433.
- BORIANI A. (1970 b) - *The microstructure of « Cenerigneiss »*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 26, 487-501.
- BORIANI A. & GIOBBI MANCINI E. (1972) - *The feldspathized amphibolites of the « Strona-Ceneri Zone »*. Boll. Soc. Geol. It., 91, 655-681.
- BORIANI A., BIGIOGGERO B. & ORIGONI GIOBBI E. (1977) - *Metamorphism, tectonic evolution and tentative stratigraphy of the « Serie dei Laghi » - Geological map of the Verbania area (Northern Italy)*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 32, 26.
- BORIANI A. & CLERICI RISARI E. (1970) - *The xenoliths of « Cenerigneiss »*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 26, 503-515.
- BORIANI A., CONTI G. & GIOBBI MANCINI E. (1973) - *Strain facies: un concetto utile nello studio delle tettoniti metamorfiche*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 29, 321-344.
- BORIANI A., DEL MORO A. & ORIGONI GIOBBI E. (1982) - *Composition, level of intrusion and age of the « Serie dei Laghi » orthogneisses (Northern Italy - Ticino, Switzerland)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 38, 1.
- BORIANI A. & SACCHI R. (1973) - *Geology of the junction between the Ivrea-Verbano and Strona-Ceneri Zones*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 28, 1-36.
- GIOBBI MANCINI E. & POTENZA BIANCHI B. (1972) - *Petrochemical investigations on the « Cenerigneiss » of M. Zeda (Lago Maggiore, Novara, Italia)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 28, 151-164.
- ONDRICK C.W. & SRIVASTAVA G.S. (1970) - *Corfan Fortran IV Computer Program for correlation factor analysis (R- and Q-mode) and Varimax rotation*. Kansas Comp. Contr., 42, 92.
- PETTIJOHN F.J., POTTER P.E. & SIEVER R. (1972) - *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, 618.
- POTTER P.E., MAYNARD J.B. & PRYOR W.A. (1980) - *Sedimentology of shale. Study guide and reference source*. Springer-Verlag, 306.
- REINHARD M. (1953) - *Über das Grundgebirge des Sottoceneri im Südlichen Tessin*. Eclogae Geol. Helv., 46 (2), 214-222.
- REINHARD M. (1964) - *Über das Grundgebirge des Sottoceneri im Süd Tessin und die darin auftretenden Ganggesteine*. Beitr. Geol. Karte Schweiz., N.F., 117, 89.