

## IL «GRANITO DI BRUSIO» (VAL POSCHIAVO - SVIZZERA): CARATTERIZZAZIONI CHIMICHE, PETROLOGICHE E RADIOMETRICHE

ATTILIO BORIANI, GIANLUIGI TRAVERSI

Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università degli Studi, Via Botticelli 23, 20133 Milano

ALDO DEL MORO

Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica del C.N.R., Via Cardinal Maffi 36, 56100 Pisa

ADALBERTO NOTARPIETRO

Centro di Studio per la Stratigr. e Petrogr. delle Alpi Centrali del C.N.R., Via Botticelli 23, 20133 Milano

**RIASSUNTO.** — Il Granito di Brusio è un piccolo plutone di circa 11 km<sup>2</sup> compreso nel Cristallino del Bernina (Austroalpino inferiore). Su 38 campioni sono stati determinati gli elementi maggiori oltre a Sr, Rb, Ba, Ni, Cr, Zr e Y. La composizione è principalmente granodioritica; la paragenesi originaria (biotite - orneblenda - plagioclasio - K-feldspato - quarzo) è parzialmente mascherata da una paragenesi alpina di basso grado (clorite - actinolite - albite ripiena/albite a scacchiera - quarzo). L'aureola di contatto è completamente cancellata dalla tettonizzazione e dal metamorfismo retrogrado. Un'indagine preliminare condotta col metodo Rb-Sr su roccia totale e minerali separati suggerisce l'idea di un'età prealpina di intrusione del Granito di Brusio; gli squilibri isotopici emersi sono da attribuire alla perdita più o meno abbondante di Sr radiogenico, indotta dal metamorfismo alpino e dagli eventi tettonici.

**ABSTRACT.** — The Brusio «granite» is a small pluton (around 11 km<sup>2</sup>) comprised in the Cristallino del Bernina (lower Austroalpine). Major elements as well as Sr, Rb, Ba, Ni, Cr, Zr and Y were determined on 38 samples. The composition is mostly granodioritic; the original assemblage (biotite - hornblende - plagioclase - K-feldspar - quartz) is partly overprinted by an alpine low grade metamorphic assemblage (chlorite - actinolite - «gefüllte albit»/chess-board albite - quartz). The contact aureole is completely cancelled by the tectonization and retrogressive/metamorphism. A preliminary radiometric (Rb-Sr) survey on whole rock and mineral separates supports the idea of a prealpine age of intrusion of the «Brusio granite»; isotopic disequilibria can be attributed to a more or less complete loss of radiogenic Sr during the alpine metamorphism, and the correlated tectonic events.

### Introduzione

Il «Granito di Brusio» fa parte del «Cristallino del Bernina» ed è strutturalmente compreso nelle unità inferiori del dominio austriaco. Ha un'estensione di circa 11 km<sup>2</sup> ed una forma allungata in direzione est-ovest (fig. 1). La massa intrusiva è costituita principalmente da una granodiorite biotitico-anfibolica a grana media, in cui le lamine di mica scura spiccano, per le maggiori dimensioni, sulla porzione quarzoso-plagioclasica. La tessitura è massiccia ma diviene orientata in corrispondenza delle zone marginali del plutone e di alcune facies cataclastiche. Gli affioramenti sono compresi tra i 600 e i 2100 metri, e danno luogo, per effetto di azioni erosive e tettoniche ad imponenti pareti subverticali strapiombanti sugli abitati di Brusio e Campascio. Non sono stati osservati fenomeni attribuibili al metamorfismo di contatto essendo quest'ultimo mascherato da un'intensa tettonizzazione.

I primi studi geologici sull'area Grigionide-Valtellinese risalgono a THEOBALD (1864) e SALOMON (1896); successivamente vi dedicarono importanti lavori STAUB, CORNELIUS e CORNELIUS-FURLANI nel periodo 1915-1960. Gli ultimi lavori di STAUB (1963-64) furono pubblicati postumi e da allora queste zone non sono più state oggetto di studi

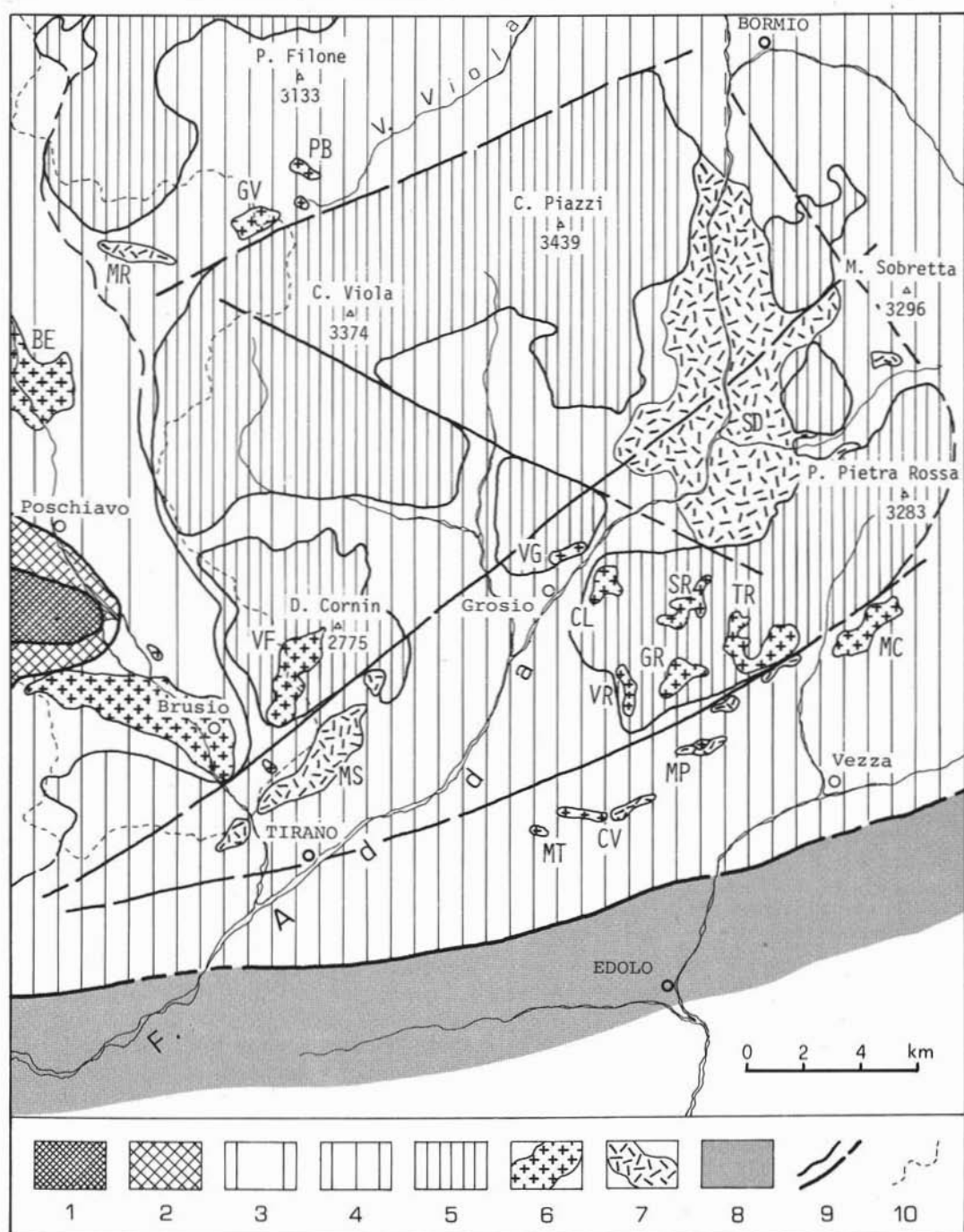


Fig. 1. — Il Granito di Brusio e gli altri principali corpi intrusivi dell'alta Valtellina. - 1) «Falda» Margna (Pennidico sup./Austroalpino inf.); 2) «Falda» Sella (Austroalpino inf.); 3) Unità austriache inferiori; 4) Unità austriache medie e/o medio-superiori; 5) Unità austriache superiori; 6) Intrusivi acidi; 7) Intrusivi basici; 8) Sudalpino; 9) Faglie e sovrascorrimenti; 10) Confine di Stato. - BE = Bernina; CL = Carlot; CV = Cima Verde; GR = Cime di Grom; GV = Val Viola; MC = Mat-taciul; MP = Motto Pagano; MR = Murasciola; MS = Masuccio; MT = Motta; PB = Pizzo Bianco; SD = Sondalo; SR = Serottini; TR = Tremoncelli; VF = Val Ferrata; VG = Vernuga; VR = Varadega-Resverde.

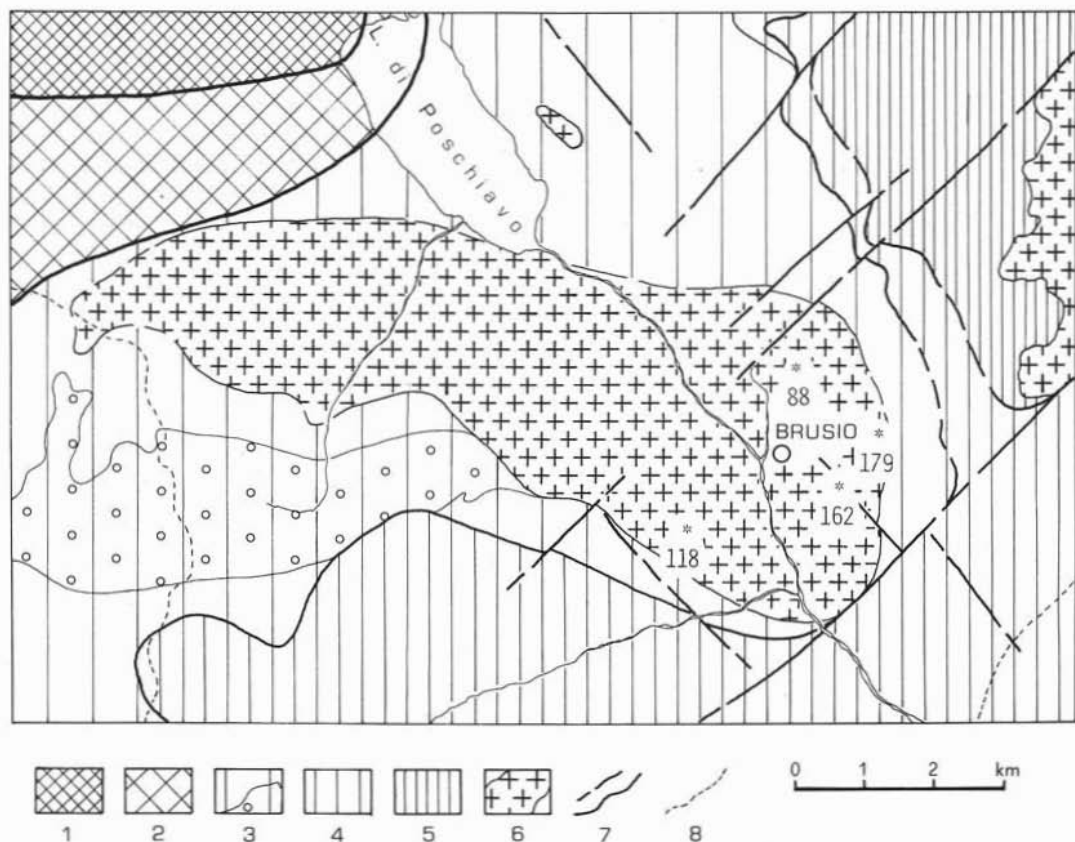


Fig. 2. — Schizzo geo-strutturale semplificato del Granito di Brusio. - All'estremità del lato destro compare una parte del Granito di Val Ferrata. 1) «Falda» Margna; 2) «Falda» Sella; 3) Cristallino del Bernina (Formazione di Vetta Ron, e, a pallini, Membro del Piz Sareggio, auct.); 4) Gneiss del M. Tonale; 5) Formazione di Valle Grosina; 6) Intrusivi acidi; 7) Faglie e sovrascorrimenti; 8) Confine di Stato. - Gli asterischi indicano le zone di provenienza dei campioni datati. I numeri indicano le età in m.a. che sono state ottenute con isocrone a due punti: biotite + roccia totale corrispondente.

geologici sistematici. La carenza di dati ci ha quindi spinto a indirizzare le nostre ricerche in questo settore di grande interesse per la geologia della Valtellina.

Il «Granito di Brusio» è in massima parte compreso entro metamorfiti costituite da micascisti, gneiss minuti muscovitico-cloritici, talora quarziticci, e limitatamente metabasiti e gneiss minuti biotitici (Formazione di Vetta Ron). Talora sono anche presenti gneiss occhiadini e gneiss listati a K-feldspato muscovitico-cloritici a grana grossolana generalmente sotto forma di corpi stratoidi (Membro del Piz Sareggio) (fig. 2). La scistosità presenta un'inclinazione di  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  con immersione verso ENE negli affioramenti situati sulla sinistra orografica, mentre per quelli di destra l'immersione tende più mar-

catamente verso est, rimanendo pressochè immutata la pendenza.

A contatto con l'intrusivo sono generalmente presenti fasce milonitiche di ampiezza variabile da alcuni metri fino a qualche decina. In taluni punti il Granito di Brusio viene in contatto tettonico con la Formazione degli Gneiss del M. Tonale, rappresentata qui da paragneiss a due miche, prevalentemente biotitici, a grana grossa e scistososi, con pegmatiti, contenente localmente piccoli corpi intrusivi.

Il «Cristallino del Bernina», di cui fa parte il «Granito di Brusio», è costituito da rocce intrusive e metamorfiche, ricoperte da sedimenti permo-mesozoici. Tutte le rocce di questa unità sono interessate da un metamorfismo alpino di basso grado, cosicchè le

plutoniti appartenenti alla « Falda Bernina » sono state considerate prealpine essendo state coinvolte nel diastrofismo alpino. La loro attribuzione a episodi magmatici tardo-erici si basa su rilievi di Staub, che a La Diavolezza segnala corpi plutonici entro i sedimenti del Carbonifero. In letteratura (STAUB, 1915) sono citate due distinte serie magmatiche all'interno della « Falda Bernina ». La più diffusa è una serie « banatitico-quarzomonzonitica » a composizione calcicalina che forma le plutoniti dell'Err-Corvatsch e dello Julier; subordinata a questa è presente una sequenza di alcaliseniti e alcaligraniti a tendenza potassica.

### Studio petrografico

Le osservazioni microscopiche hanno permesso di definire i seguenti caratteri. La struttura è di tipo granulare ipidiomorfa passante a granoblastica. Come si è già detto la tessitura, solitamente massiccia assume una debole orientazione lungo le fasce periferiche del plutone. Tra i minerali principali il quarzo è il più abbondante e si presenta sia in grossi individui che in piccoli granuli con bordi suturali di chiara ricristallizzazione sinmetamorfica. L'albite è molto diffusa e si presenta in grossi individui con al nucleo aggregati di sericite e saussurite, con i classici caratteri dell'albite ripiena. Su alcuni relitti di plagioclasio è stata determinata una composizione di 15% An. L'albite è presente anche in piccoli individui, limpida con geminazione a scacchiera, derivante dalla trasformazione dell'originario feldspato alcalino. La biotite compare sia in idioliti di aspetto integro o quasi completamente trasformata in clorite, titanite ed epidoto. Contiene spesso rutilo sagenitico. Presenta frequenti rapporti di sostituzione e concrescimento con l'anfibolo. L'anfibolo è sempre presente: è apleocroico con abito aciculare allungato, isolato o in associazioni nematoblastiche. Frequenti sono anche individui relitti caratterizzati da debole pleocroismo. I caratteri ottici indicano la presenza di orneblenda, relitta, e termini della serie tremolite-attinolite.

Gli epidoti sono molto diffusi, compaiono sia isolati sia in sciami e corrispondono per lo più a termini clinozoisitici: talora presen-

tano nucleo ortitico. La clorite è presente come prodotto di trasformazione della biotite. La calcite appare in plaghe e più limitatamente come materiale di cementazione di piccole fratture. Sono inoltre presenti titanite, leucoxeno, rutilo, apatite e zirconio.

Quarzo e albite appartenenti a generazioni distinte, il plagioclasio che, quasi completamente trasformato in albite, conserva la composizione originale solo in qualche relitto, il K-feldspato quasi interamente sostituito da albite a scacchiera, la biotite trasformata in clorite, i diffusi relitti di anfibolo pleocroico, l'aspetto generalmente relitto di minerali e strutture primarie e le intense deformazioni che mascherano i contatti con la roccia incassante, indicano che le rocce intrusive che costituiscono il « Granito di Brusio » hanno risentito dell'azione congiunta di tettonica e metamorfismo. Le condizioni di tale evento metamorfico di basso grado, riferibile al ciclo alpino, sono deducibili dall'associazione albite, epidoto-tremolite-attinolite.

### Studio petrochimico

Sono stati analizzati 38 campioni dei quali sono stati determinati gli elementi maggiori e Sr, Rb, Ba, Ni, Cr, Zr e Y.

I caratteri del chimismo messo in evidenza da queste rocce (tab. 1, 2, 3) indicano un'alcalinità intermedia con  $K_2O$  generalmente maggiore di  $Na_2O$ . Come si può osservare dalla figura 3 la distribuzione dei campioni esaminati si dimostra coerente con quella di una serie calcicalina: solo alcuni campioni cadono infatti al di sotto della

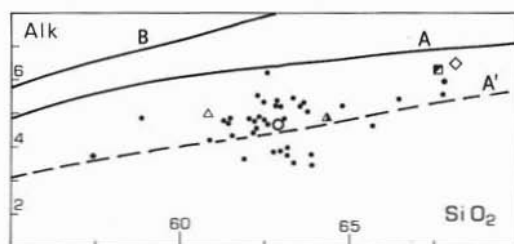


Fig. 3. — Confronto Silice/Alcali. - ● = campioni di Granito di Brusio; ○ = valore medio del Granito di Brusio; △ = Granodioriti della « Falda Sella »; ▲ = Graniti della « Falda Sella »; ▣ = Graniti della scaglia Bernina s.s.; ◇ = Graniti della scaglia Err-Corvatsch.

TABELLA 1  
Granito di Brusio - Val Poschiavo (Svizzera)

	16	17	25	26	29	30	41	48	51	70	71	72	73	74
Coord.*	80698 12772	80714 12718	80658 12516	80662 12528	80730 12496	80724 12518	80576 12644	80524 12612	80330 12652	80600 12558	80606 12658	80636 12548	80656 12564	80658 12540
SiO <sub>2</sub>	61.25	62.58	62.34	65.83	62.40	62.55	62.34	62.02	57.44	63.83	61.82	62.12	60.84	67.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.03	16.70	16.97	16.74	17.12	17.33	16.69	17.04	16.52	16.54	16.91	17.02	17.42	16.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.68	3.06	1.23	1.61	3.35	3.09	3.61	3.70	4.87	3.91	3.22	3.79	4.01	2.62
FeO	2.22	2.73	4.76	2.76	2.71	2.53	2.10	2.35	3.82	1.89	3.07	2.21	2.71	1.76
MgO	2.24	2.28	2.30	1.45	2.07	1.93	2.04	2.37	3.18	1.93	2.28	2.22	2.52	1.54
CaO	3.83	4.22	3.69	3.06	4.38	3.73	4.32	4.50	5.57	3.52	4.76	4.39	4.02	3.23
Na <sub>2</sub> O	2.80	3.02	2.96	3.17	2.68	2.76	2.81	2.68	2.55	2.70	2.31	2.27	2.58	3.11
K <sub>2</sub> O	3.55	3.30	2.91	3.18	3.00	3.37	3.12	2.48	2.16	3.44	3.03	3.23	2.56	3.26
TiO <sub>2</sub>	.66	.60	.63	.45	.66	.60	.59	.66	.82	.52	.68	.63	.74	.46
MnO	.10	.09	.10	.08	.10	.10	.09	.10	.14	.07	.10	.10	.10	.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.15	.16	.15	.12	.15	.14	.16	.16	.17	.13	.16	.15	.15	.13
H <sub>2</sub> O	3.07	2.16	2.65	1.83	2.09	1.97	3.12	2.28	3.00	1.87	2.46	2.44	2.63	1.64
Somme	100.98	100.60	100.69	100.21	100.69	100.05	100.91	100.84	100.44	100.25	100.68	100.57	100.28	100.95
Sr	339	217	242	223	268	243	213	229	268	217	273	266	268	233
Rb	136	138	119	138	119	126	134	109	108	190	117	124	104	141
Ba	715	633	626	535	644	712	605	701	573	612	668	660	641	615
Ni	11	13	24	14	4	5	17	6	14	14	17	16	9	5
Y	18	21	22	21	17	17	23	20	24	22	24	27	22	21
Zr	140	134	132	105	142	142	128	134	117	121	135	136	149	114
Cr	25	33	24	12	30	25	24	33	40	12	25	20	24	13

\* Le coordinate si riferiscono al Foglio 1298 «Lago di Poschiavo» della Carta nazionale Svizzera, scala 1 : 25.000.

TABELLA 2  
Granito di Brusio - Val Poschiavo (Svizzera)

	75	77	78	79	81	82	83	85	88	92	94	96	97	99
Coord.	80696 12624	80690 12595	80692 12575	80686 12552	80812 12690	80820 12652	80802 12618	80776 12662	80746 12702	80768 12612	80788 12532	80372 12790	80746 12659	80764 12616
SiO <sub>2</sub>	62.02	62.10	61.32	61.15	61.22	62.96	61.26	63.18	63.25	62.56	65.21	67.38	62.34	58.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.03	16.44	17.12	16.56	17.15	16.88	16.45	16.22	17.13	17.15	14.61	17.12	16.76	16.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.47	3.30	3.63	3.54	3.63	4.13	3.26	3.39	2.94	3.10	3.57	2.08	3.23	3.93
FeO	2.61	2.95	2.47	3.05	3.01	1.90	3.43	2.37	2.59	2.75	3.38	1.63	2.66	4.28
MgO	2.60	2.42	2.31	2.38	2.72	2.03	2.46	2.19	2.29	2.01	2.44	1.23	3.11	3.14
CaO	3.71	4.75	4.33	4.69	3.82	3.31	4.27	4.26	3.10	3.95	3.22	2.56	4.45	5.16
Na <sub>2</sub> O	2.71	2.70	2.55	2.60	2.39	2.62	2.58	2.98	2.66	3.02	2.29	2.78	3.21	3.04
K <sub>2</sub> O	3.01	2.67	2.66	3.03	3.31	3.08	3.09	3.08	3.50	3.18	3.22	4.00	3.87	2.73
TiO <sub>2</sub>	.65	.66	.66	.75	.74	.68	.76	.63	.58	.64	.76	.39	.64	.82
MnO	.11	.10	.10	.11	.10	.10	.19	.10	.09	.10	.11	.05	.10	.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.15	.17	.12	.17	.14	.14	.15	.16	.13	.15	.14	.12	.16	.18
H <sub>2</sub> O	2.43	2.42	3.18	2.49	2.47	2.55	2.32	2.20	2.26	2.19	2.01	1.81	2.31	2.37
Somme	100.40	100.68	100.45	100.97	100.70	100.38	100.32	100.66	100.50	100.80	100.97	101.15	100.84	100.22
Sr	207	248	218	287	311	229	252	264	158	246	144	157	276	237
Rb	117	104	105	113	120	121	116	126	144	129	152	188	113	93
Ba	624	574	561	743	708	723	792	627	625	702	675	568	678	638
Ni	15	n.d.	8	12	15	14	7	16	3	16	4	17	5	16
Y	22	21	22	23	25	25	25	21	25	22	22	14	18	52
Zr	134	136	133	142	141	162	137	131	133	132	132	119	135	110
Cr	36	35	28	28	29	19	24	33	23	25	26	22	22	35

TABELLA 3  
Granito di Brusio - Val Poschiavo (Svizzera)

	100	101	102	103	104	105	106	107	108	110			
Coord.	80769 12630	80760 12596	80784 12564	80758 12558	80712 12550	80670 12674	80649 12680	80620 12704	80806 12588	80708 12732		MEDIA	d. st.
SiO <sub>2</sub>	63.14	62.93	62.75	62.18	62.18	63.88	63.84	63.14	61.87	63.33		62.58	1.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.87	17.35	17.51	16.45	17.16	17.37	17.30	17.36	17.12	16.77		16.84	.52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.45	3.22	3.48	3.39	3.19	2.99	2.85	3.45	3.63	2.76		3.30	.65
FeO	2.31	2.47	2.23	2.11	2.65	2.46	2.55	2.58	2.78	2.98		2.68	.63
MgO	1.96	1.87	1.77	2.11	2.06	1.88	2.03	2.11	2.24	2.14		2.18	.38
CaO	4.32	4.10	4.13	4.05	4.20	4.01	4.03	4.10	4.62	4.16		4.07	.61
Na <sub>2</sub> O	1.78	1.80	1.77	4.11	3.03	1.76	1.66	1.56	1.78	1.74		2.57	.54
K <sub>2</sub> O	2.98	3.12	3.12	2.89	3.13	2.73	3.14	3.41	2.83	2.80		3.07	.32
TiO <sub>2</sub>	.65	.61	.60	.58	.65	.65	.59	.63	.75	.66		.64	.09
MnO	.09	.09	.09	.07	.10	.10	.10	.10	.10	.09		.10	.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.13	.12	.12	.21	.16	.13	.12	.13	.14	.13		.15	.02
H <sub>2</sub> O	2.48	2.06	2.38	2.19	2.22	2.09	2.17	2.29	2.39	2.23		2.33	.35
Somme	100.46	99.74	99.63	100.34	100.73	100.05	100.38	100.86	100.25	99.79			
Sr	292	269	263	259	275	249	226	281	307	329		250	.42
Rb	119	122	110	116	116	106	131	124	110	111		124	.20
Ba	644	717	578	681	671	594	528	752	707	689		669	.86
Ni	2	8	n.d.	9	11	17	5	3	13	15		11	.05
Y	19	20	18	20	19	16	15	19	25	26		22	.06
Zr	129	137	140	133	127	221	124	131	148	139		135	.18
Cr	19	18	24	24	23	19	32	23	24	25		25	.06

linea A' di Kuno. Nei diagrammi degli elementi maggiori sono stati inseriti anche punti rappresentativi di analisi tratte dalla letteratura («Chem. Schw. Gest. An.», in D'AMICO, 1974) relativi a rocce intrusive delle « scaglie » Bernina s.s., Err e Sella.

Rispetto al contenuto di silice le rocce in esame si dimostrano relativamente omogenee poichè ad eccezione di alcuni campioni, esse risultano possedere tra il 61 e il 64 % di SiO<sub>2</sub>. La percentuale di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sempre maggiore di Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, attribuisce a queste rocce carattere peralluminoso. Il contenuto degli alcali è del tutto simile a quello degli intrusivi della « scaglia » Sella (graniti e granodioriti) mentre è nettamente inferiore ai graniti della « scaglia » Err e della « scaglia » Bernina s.s.

La distribuzione degli ossidi dei principali elementi maggiori riferiti all'indice di Larsen (fig. 4) mostra andamenti lineari tipici di rocce ad acidità intermedia; solo nel caso di Na<sub>2</sub>O alcuni campioni si separano dal gruppo principale per un più basso contenuto rispetto alla media. Il quadro risul-

tante da queste relazioni presenta caratteri coerenti con quelli di una differenziazione magmatica.

Il chimismo di tutte le plutoniti diagrammate dimostra di essere compatibile con un trend evolutivo unico, comprensivo del « Granito di Brusio », granodioriti e graniti della « scaglia » Sella e dei graniti della « scaglia » Bernina s.s. Questa tendenza emerge anche dal diagramma AFM (fig. 5) dove le masse dell'Err e del Bernina corrispondono ai termini più acidi lungo l'allineamento che rappresenta il proseguimento ideale della differenziazione, all'incirca sull'asse che esprime la costanza del rapporto ferro/magnesio.

È interessante notare inoltre la stretta vicinanza dei punti che esprimono le composizioni medie del « Granito di Brusio » e della granodiorite della « scaglia » Sella. La media dei graniti appartenenti a quest'ultima unità assume invece una posizione distinta per il più basso contenuto di ferro totale.

All'interno del diagramma FeM-Alk-CaO (fig. 5) si vede che il rapporto FeM/CaO

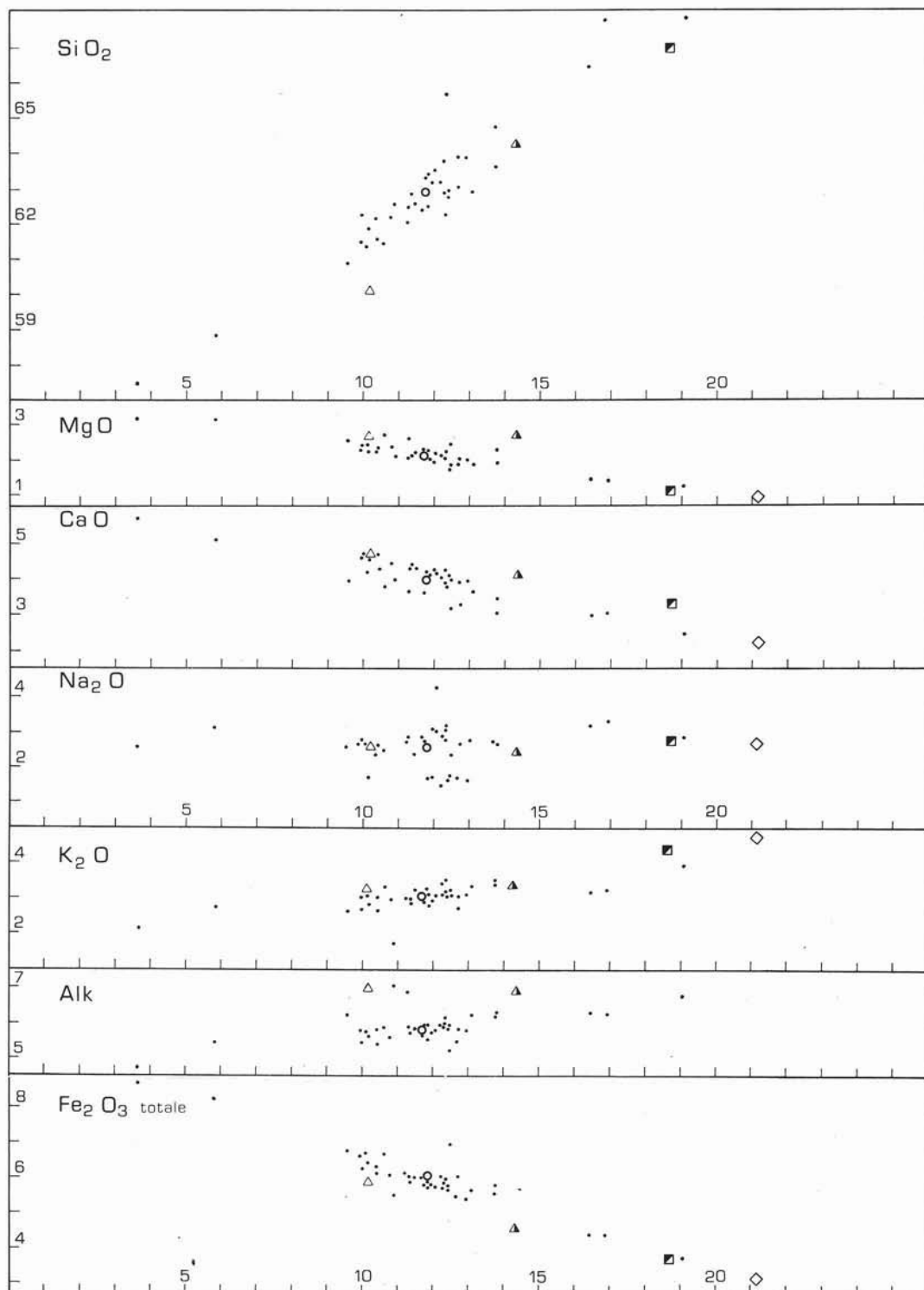


Fig. 4. — Relazioni tra Indice di Larsen/ossidi. - Per i simboli come la figura precedente. Le percentuali di SiO<sub>2</sub> e degli alcali della scaglia Err, rispettivamente di 7,5 e 68,1, non compaiono essendo superiori ai limiti del diagramma.

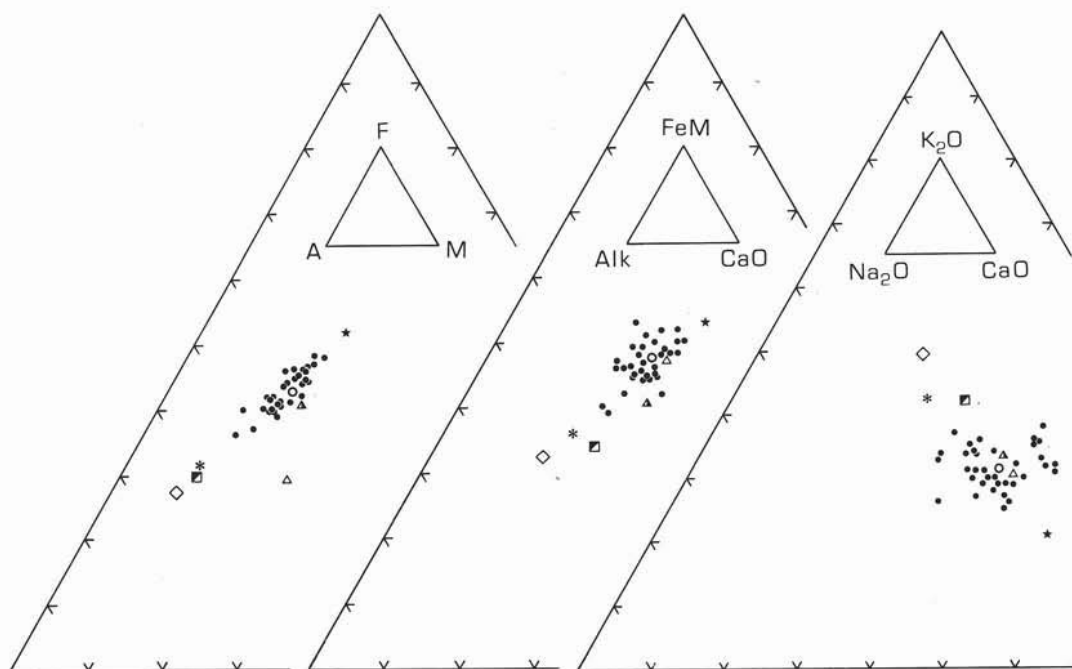


Fig. 5. — Relazioni tra: alcali/femici (AFM); alcali/femici/calcio (Alk-FeM-CaO); alcali e calcio (KNC). - \* = campione con minor percentuale di  $\text{SiO}_2$ ;  $\star$  = campione con percentuale maggiore di  $\text{SiO}_2$ .

rimane costante per la maggior parte dei campioni di Granito di Brusio, variando di poco per le altre masse.

Nel diagramma  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$  (fig. 5) si osserva la concentrazione dei campioni in due raggruppamenti, definiti dal diverso contenuto di  $\text{Na}_2\text{O}$ . Le medie del « Granito di Brusio » e degli intrusivi della « scaglia » Sella sono sempre molto vicine, mentre le posizioni dei graniti del Bernina s.s. e dell'Err mostrano una minor percentuale di  $\text{CaO}$  e una maggior abbondanza di  $\text{K}_2\text{O}$ .

L'esame degli elementi minori ha dato indicazioni di comportamento sostanzialmente simili o comunque in accordo con quelli degli elementi maggiori. Nel diagramma Rb-Ba-Sr (fig. 6) i campioni si distribuiscono su un'area ristretta indicando variazioni composizionali minime di questi tre elementi. Rispetto ai « campi granitici » proposti da EL BOUSEILY ed EL SOKKARY (1975), i campioni si dispongono parte nel campo delle granodioriti e parte in quello dei graniti anomali, inoltre la distribuzione di Rb, Ba e Sr nell'ambito di queste rocce, dalle più basiche alle più acide, riflette l'andamento della differenziazione.

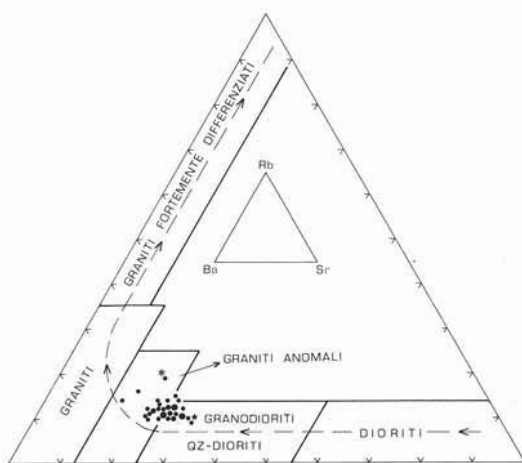


Fig. 6. — Diagramma Rb-Ba-Sr. - I limiti tra i diversi « campi granitici » sono presi da EL BOUSEILY e EL SOKKARY (1975).

Anche attraverso i diagrammi  $\text{K/Rb}$  e  $\text{Ca/Sr}$  (fig. 7 a) e quelli costruiti sull'indice di frazionamento (fig. 7 b) proposto da THOMPSON (1973) si ottengono indicazioni congruenti con un processo evolutivo per differenziazione. Gli andamenti più lineari



sono quelli di Mg, Ca, Cr e Y nell'ordine, mentre le distribuzioni che si riferiscono a Ni, Sr e Zr appaiono più disperse. In generale i campioni esaminati, se si escludono quelli che occupano le posizioni estreme, corrispondenti alle percentuali più alte e più basse di SiO<sub>2</sub>, tendono a concentrarsi in un unico gruppo.

In conclusione, le variazioni riscontrate nel « Granito di Brusio », costituito prevalentemente da granodioriti peralluminose, sono compatibili con processi di differenziazione magmatica. Ciò risulta dal comportamento sia degli elementi maggiori che degli elementi minori, rivelando per questo corpo intrusivo una generale omogeneità chimica. Le magmatiti utilizzate per confronto, appartenenti alle « scaglie » Sella, Err e Bernina s.s., hanno mostrato affinità col « Granito di Brusio »: in particolare sono emerse notevoli analogie con le granodioriti e i graniti della « scaglia » Sella.

**Studio radiometrico**

Un'indagine radiometrica sul Granito di Brusio è stata condotta col metodo Rb-Sr sia su « rocce totali » sia su concentrati biotitici. I dodici campioni di roccia totale analizzati (tab. 4) non hanno permesso di individuare una retta isocrona significativa

che consenta la determinazione dell'età di messa in posto di questo corpo intrusivo. La distribuzione irregolare dei punti rappresentativi delle rocce granitiche studiate, nel diagramma <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr contro <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr (fig. 8), denota, essendo poco probabile una diversa affinità magmatica, una generale modifica del loro assetto chimico-isotopico, nel corso della loro storia post-intrusiva; almeno per quanto riguarda il Rb e lo Sr. Nel diagramma di figura 8 è stata riportata, solo a scopo indicativo, anche una retta isocrona di riferimento di 285 m.a. (l'intersezione sull'asse della composizione isotopica dello stronzio è stata posta a 0,7100). L'età della retta tracciata, anche se ha solo significato di riferimento, viene suggerita dalla pendenza della banda che comprende tutti i punti dei campioni esaminati.

D'altra parte, anche se non specificabile, un'età prealpina per il Granito di Brusio, viene dedotta dalle quattro determinazioni effettuate su altrettanti concentrati biotitici che danno risultati varianti da 179 a 88 m.a. (tab. 5, fig. 2).

Le quattro età ottenute su biotiti, oltre che fornire indizi sull'età primaria, indicano anche che il « Granito di Brusio » è stato soggetto all'azione del metamorfismo e/o della tettonica Alpina, che ha determinato in misura diversa un parziale ringiovanimento

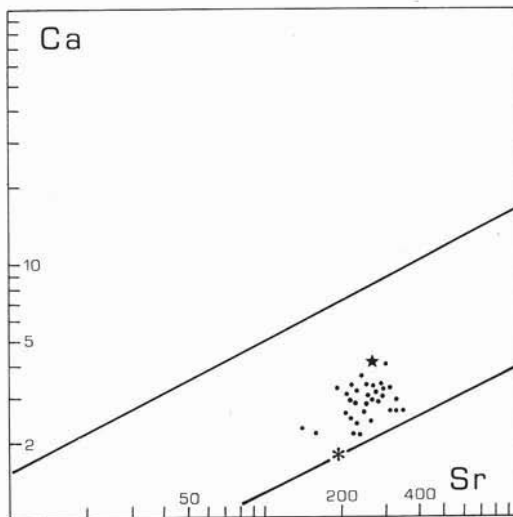
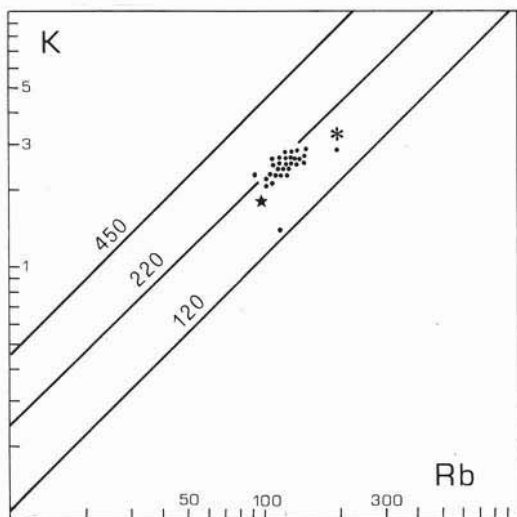


Fig. 7 a. — Confronti tra elemento maggiore (%) ed elemento minore (ppm) isomorfo: K/Rb e Ca/Sr. - Per i simboli come le figure precedenti.

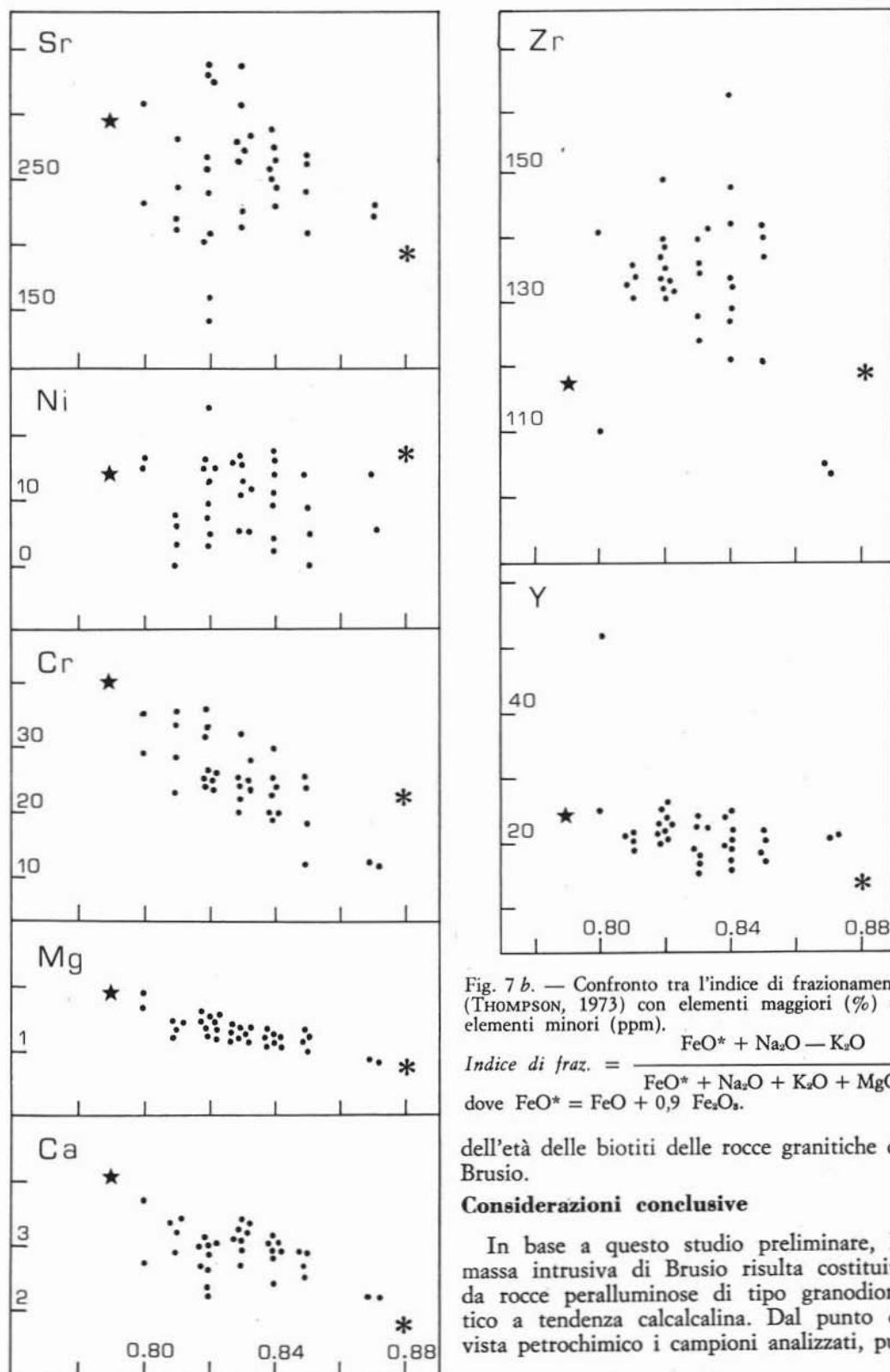


Fig. 7 b. — Confronto tra l'indice di frazionamento (THOMPSON, 1973) con elementi maggiori (%) ed elementi minori (ppm).

$$\text{Indice di fraz.} = \frac{\text{FeO}^* + \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O}}{\text{FeO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}}$$

dove  $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0,9 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ .

dell'età delle biotiti delle rocce granitiche di Brusio.

#### Considerazioni conclusive

In base a questo studio preliminare, la massa intrusiva di Brusio risulta costituita da rocce peralluminose di tipo granodioritico a tendenza calcicalina. Dal punto di vista petrochimico i campioni analizzati, pur

TABELLA 4  
Dati analitici Rb-Sr delle rocce totali

Campione	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 1\sigma$
VA 1	138	186	2.15	0.7191±5
VA 78-2	115	266	1.25	0.7159±3
VA 78-3	135	280	1.40	0.7159±4
VA 78-4	132	210	1.82	0.7168±2
VA 78-5	116	198	1.70	0.7177±3
VA 78-6	125	219	1.66	0.7172±2
VA 78-7	123	235	1.52	0.7154±3
VA 78-8	127	230	1.60	0.7193±2
VA 51	108	268	1.16	0.7180±2
VA 73	104	268	1.13	0.7179±3
VA 94	152	144	3.05	0.7212±2
VA 96	188	157	3.48	0.7244±3

TABELLA 5  
Età Rb-Sr delle biotiti

Campione	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \pm 1\sigma$	ETÀ' m.a. ±1σ
VA 1	586	2.2	977	3.2055±185	179±3
VA 78-2	459	2.2	686	1.8641±10	118±2
VA 78-7	344	3.2	335	1.4818±10	162±2
VA 78-8	553	4.1	408	1.2286±23	88±1

Le età sono state ottenute con isocrone a due punti: biotite + roccia totale corrispondente. La costante di decadimento per il  $^{87}\text{Rb}$  è  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$ /anno.

manifestando modeste varietà composizionali, rivelano un comportamento omogeneo che, dai diagrammi di variazione, risulta comune a quello di un generale processo di differenziazione. Il metamorfismo di basso grado di età alpina che vi si è sovrimposto, rende difficoltoso il riconoscimento di minerali e strutture primarie. Le deformazioni a scala micro e mesoscopica manifestano inoltre la presenza di dislocazioni che hanno, tra l'altro, mascherato i contatti con la roccia incassante. Gli effetti congiunti di questi due eventi hanno profondamente influito sull'intera massa rocciosa, come riscontrabile anche dallo studio radiometrico effettuato sulle rocce totali. L'impossibilità infatti di tracciare un'isocrona precisa si spiega, se si ammette che l'assetto chimico-isotopico delle rocce granitiche di Brusio sia stato turbato dopo la fase intrusiva. I dati radiometrici su miche e su rocce totali confermano comunque l'età prealpina di questo granito, costituendo altresì la testimonianza dell'evento tettonico/metamorfico, come emerge dall'indagine petrografica.

*Ringraziamenti.* — Lavoro eseguito nell'ambito delle ricerche del Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R. di Milano, in collaborazione coll'Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica del C.N.R. di Pisa.

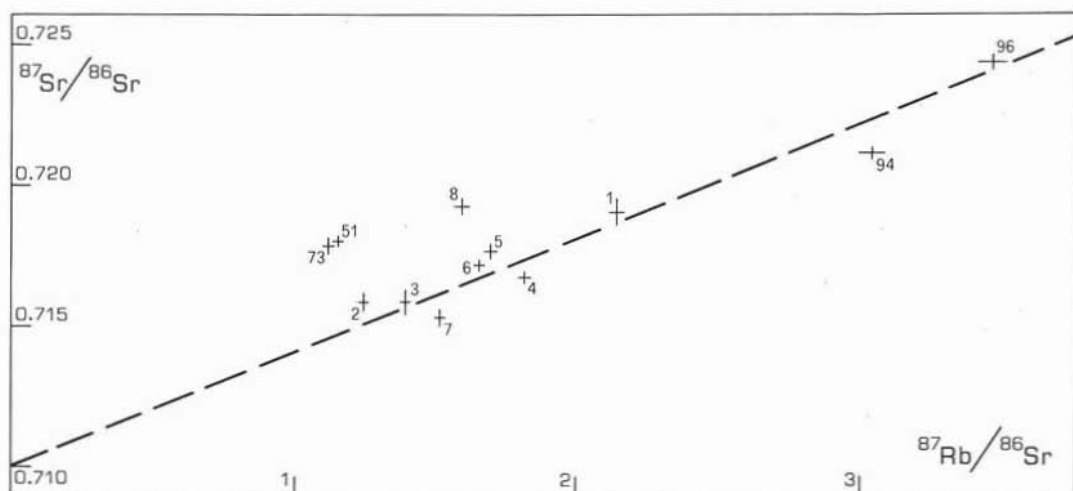


Fig. 8. — Retta isocrona di riferimento con pendenza proporzionale a 285 m.a. L'intersezione sull'asse del rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  è stata posta a 0,71.

## BIBLIOGRAFIA

- CORNELIUS H.P. (1916) - *Zur Kenntnis der Wurzelregion im unteren Veltlin*. N. Jb. Min. Geol. und Päl., vol. XL.
- CORNELIUS H.P., FURLANI CORNELIUS M. (1930) - *Die insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonale Pass*. Denkschr. Akad. Wissensch., 102.
- D'AMICO C., MOTTANA A. (1974) - *Hercynian Plutonism in the Alps. A report 1973-1974*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 49-118.
- DE LONG E.S. (1974) - *Distribution of Rb, Sr and Ni in igneous rocks, central and western Aleutian Islands, Alaska*. Geoch. Cosm. Acta, 38, 245-266.
- EL BOUSEILY A.M., EL SOKKARY A.A. (1975) - *The relations between Rb, Ba and Sr in granitic rocks*. Chem. Geol., 16, 207-219.
- GREEN T.H., RINGWOOD A.E. (1968) - *Genesis of the Calc-Alkaline Igneous Rocks Suite*. Contr. Min. Petr., 18, 105-162.
- HAMMER W. (1938) - *Bemerkungen zu R. Staub «Geologische Probleme um die Gebirge zwischen Engadin und Otter»*. Verhandl. Geol. Bundesanst., 227-237.
- HEIER K.S., ADAMS J.A.S. (1964) - *The geochemistry of alkali metals*. Fm Physics and Chemistry of the Earth., 5, 253-381.
- IRVINE T.H., BARAGAR W.R.H. (1971) - *A guide to the chemical classification of the common volcanics rocks*. Can. J. Earth Sc., 8, 523-548, Ottawa.
- JAKES P., WHITE A.J.R. (1970) - *K/Rb ratios of rocks from island arcs*. Geoch. Cosm. Acta, vol. 34, 849-856.
- KOLBE P., TAYLOR S.T. (1966) - *Major and Trace Element Relationship in Granodiorites and Granites from Australia and South Africa*. Contr. Min. Petr., 12, 202-222.
- KUNO H. (1968) - *Differentiation of basalt magmas; Basalts 2*. Wiley and Sons Eds., New York.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) - *Foglio 19 «Tirano»*. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia.
- SALOMON W. (1897) - *Über alter lagerungsform und entstehungsart der periadriatischen Granitischkornigen massen*. Tsch. Min. Petr. Mitt., XVII, Band 2/3.
- STAUB R. (1913) - *Zur Tektonik des Berninagebirges*. Vjschr. Naturf. Ges. Zurich, 58, 3/4, 329-371.
- STAUB R. (1916) - *Zur Tektonik der sudoestlichen Swbeizeralpen*. In Ecl. Geol. Helv., 15/3, 1919, 401-408.
- STAUB R. (1916) - *Zur Geologie des Oberengadin und Puschlav*. Ecl., 14, 2, 221-228.
- STAUB R. (1916) - *Tektonische Studien im oestlichen Berninagebirge*. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesel Zurich, 61, 324-404.
- STAUB R. (1946) - *Geologische Karte der Berninagruppe und ihrer Umgebungen im Oberengadin, Bergell, Val Malenco, Puschlav und Livigno*. Beitr. Geol. Karte Schweiz, Geol. Spezk., 118.
- STAUB R. (1964) - *Neuere geologische Studien zwischen Bunden und dem oberen Veltlin - 2 teil*. Jahrb. Natur. Ges. Graubundens, N.F., 90, 10-216.
- TAYLOR S.R., EMELEUS C.H., EXLEY C.S. (1956) - *Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance*. Geoch. Cosm. Acta, 10, 224-229.
- THEOBALD G. (1866) - *Beitrage zur Geologische Karte der Schweiz*. Chur, 1866.
- THOMPSON G. (1973) - *Trace element distributiors in fractionated oceanic rocks, 2. Gabbros and related rocks*. Chem. Geol., 12, 99-111.
- TRAVERSI GL. (1979) - *Il Granito di Brusio (Val Poschiavo - Svizzera)*. Tesi di laurea inedita. Ist. Min. Geol. Univ. Milano.
- TRÜMPY R. (1973) - *L'evolution de l'orogénèse dans les Alpes Centrales: Interpretation des données stratigraphiques et tectoniques*. Ecl. geol. Helv., 66/1, 1-10.
- TRÜMPY R. (1975) - *Penninic-Austroalpine Boundary in the Swiss Alps: A Presumed Former Continental Margin and its problems*. Amer. J. Sci., 275, 209-238.
- TUREKIAN K.K., KULP J.L. (1956) - *The geochemistry of Strontium*. Geoch. Cosm. Acta, vol. 10, 245-296.