

Contributo alla conoscenza delle plutoniti austriache dell'Alta Valtellina

Il granito del Pizzo Bianco

ADALBERTO NOTARPIETRO

Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali, Via Botticelli 23, 20133 Milano

LUISA DE CAPITANI

Dipartimento di Scienze della Terra, Via Botticelli 23, 20133 Milano

RIASSUNTO. — Nell'alta Valle Viola-Bormina, tributaria dell'Adda, a ovest di Bormio (Alta Valtellina) affiora il «Granito del Pizzo Bianco», un piccolo plutone che si estende su di un'area di meno di 1 km². Sono stati determinati Ba, Rb, Sr, Y, La, Ce, Ga, Ni e Cu oltre agli elementi maggiori di 16 campioni. Il «Granito del Pizzo Bianco» è costituito da rocce peralluminifere di tipo calcalkalino caratterizzate da una diffusa cloritizzazione. Lo studio petrografico ha permesso di individuare una prima associazione, costituita da plagioclasio/quarzo/K-feldspato/biotite, da una successiva, di origine metamorfica a quarzo/microclino/clorite/epidoto e muscovite. L'immersione delle metamorfiti incassanti, caratterizzata da pendenze mediamente accentuate, sembra aver guidato l'intrusione, che peraltro avrebbe prodotto limitati fenomeni di contatto. Sia il plutone che la roccia ospite mostrano di essere stati coinvolti in un comune processo di deformazione a scala mesoscopica. Considerazioni di tipo petrografico-strutturale ed analisi radiometriche ci inducono ad attribuire questo granito al ciclo magmatico ercinico.

Parole chiave: granodiorite, analisi chimiche, deformazione, orogenesi ercinica, Alpi Centrali.

CONTRIBUTIONS TO THE KNOWLEDGE OF THE AUSTRIDIC PLUTONITES IN THE UPPER VALTELLINA. THE PIZZO BIANCO GRANITE

ABSTRACT. — The Pizzo Bianco Granite is a small pluton (around 1 km²) outcropping in the Viola Valley near Bormio (Central Alps, Italy). 16 chemical analyses by XRF for major and trace elements (Ba, Rb, Sr, Y, La, Ce, Ga, Ni, Cu) display a calcalkaline trend with a probable genesis due to partial melting. The original mineralogical assemblage (plagioclase/quartz/K-feldspar/biotite) is followed by a metamorphic one (quartz/microcline/chlorite/epidote/muscovite). The strong inclination

of wall rocks seems to have directed the intrusion emplacements narrow contact aureole can probably be ascribed to such tectonic setting. Both the pluton and the wall rock show a mesoscopic deformation. Petrological, structural and radiometric evidence suggests to ascribe the Pizzo Bianco Granite to the Hercynian magmatic cycle.

Key words: granodiorites, chemical composition, deformation, hercynian orogeny, Central Alps.

Introduzione

La Val Viola si estende per alcuni km in direzione NE-SW sul versante destro orografico dell'alta valle dell'Adda, confluenza nella Val di Dentro. L'accesso alla Valle si trova in località Arnoga, posta a circa metà strada tra Bormio e Livigno. Il Pizzo Bianco è una cima di 2822 m di altezza che si trova quasi alla testata della Val Viola, sul lato sinistro, in prossimità del passo, situato sul confine con la Svizzera. Al di là del valico, infatti, la Val Viola prosegue in territorio elvetico, nella contigua Val di Campo, che si innesta nella Valle di Poschiavo, tributaria dell'Adda presso Tirano. L'opposto decorso della Val Viola, rispetto alla Val di Campo, benché posta in continuità, si spiega con l'intervento di fattori morfogenetici e morfotettonici che hanno portato alla cattura della Val di Campo in epoca pleistocenica, facendo defluire verso sud-ovest le acque che in precedenza scorrevano verso nord-est, cioè nel senso della Val Viola (fig. 1).

Il « Granito del Pizzo Bianco » è un piccolo plutone con una superficie affiorante poco inferiore al km², che costituisce la cima del Pizzo Bianco, sviluppandosi in direzione NW-SE, corrispondente alla scistosità principale della roccia incassante. Quest'ultima presenta generalmente pendenze superiori ai 50°, con immersione che cambia da NE a SW ed è costituita da metamorfiti di grado medio, medio-basso. La diversa litologia è anche messa in risalto da discontinuità morfologiche, maggiormente evidenti sul crinale che separa la Val Viola dalla Val Cantone.

Non esistono studi geologici particolareggiati di quest'area: se si eccettuano i lavori di PACE (1963 e 1966), bisogna risalire alla Carta Geologica del Gruppo del Bernina di STAUB (1946) o ancora prima a THEOBALD (1866) con i lavori per la Carta geologica della Svizzera, per trovare citazioni geologiche di queste zone. Per questi motivi sono stati avviati da parte del Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano, programmi di studio su queste aree, al fine di approfondirne le conoscenze geologiche, petrografiche e strutturali. In particolare, per le magmatiti si è ritenuto di dover procedere ad una campagna sistematica di misure radiometriche, vista la mancanza assoluta di dati geocronologici (DEL MORO et al., 1982).

Il « Granito del Pizzo Bianco » presenta sul terreno una tessitura massiccia a grana media/medio-fine, di colore chiaro, nelle tonalità del grigio, con piccole lamine micacee interposte a quarzo e feldspati. Questi ultimi possono assumere talvolta dimensioni centimetriche, conferendo alla roccia un aspetto porfirico. Alla scala dell'affioramento la roccia è caratterizzata da fratture frequenti spesso sovrapposte ed intersecantesi, riconducibili a sistemi diversi. Sono inoltre presenti deformazioni duttili, che interessano in modo solidale anche le rocce incassanti. I contatti sono sempre netti ed abbastanza diffuse sono

anche concentrazioni aplitico-pegmatitiche nella roccia ospite.

Il rialzo termico connesso all'intrusione ha prodotto delle interazioni con gli scisti incassanti, apprezzabili per alcune decine di metri attorno al plutone. Abbastanza vicino al granito, spostato verso il confine con la Svizzera, e più ancora all'interno di questa, è presente un'altra massa intrusiva, nota in letteratura come « Granodiorite della Val Viola »; nella vicina Val di Campo si segnalano corpi basici di estensione limitata. La granodiorite presenta una grana più fine rispetto a quella del granito, ed una maggior abbondanza di minerali femici, che le conferiscono un colore grigio scuro, omogeneo, leggermente verdastro. La roccia incassante la granodiorite presenta un aspetto più gneissico rispetto alle facies scistose che attorniano il « Granito del Pizzo Bianco ».

Secondo il Foglio 8 « Bormio » della C.G.I. e gli estensori delle relative note illustrative, il « Granito del Pizzo Bianco » farebbe parte della Formazione della Punta di Pietra Rossa e sarebbe strutturalmente compreso nel Cristallino di Languard e della Pietra Rossa del Sistema Languard-Tonale, costituente la base dell'Austroalpino superiore. In base a concetti già altre volte espressi (NOTARPIETRO e GORLA, 1981), ed alla luce di rilevamenti geo-strutturali più recenti, riteniamo che questa attribuzione, anche in quest'area, non sia più considerata corretta, ma vada ridefinita.

Caratteri petrografici

Il « Granito del Pizzo Bianco » presenta al microscopio una struttura eterogranulare, caratterizzata da porfiroclasti feldspatici. Il plagioclasio è zonato, con abbondanti trasformazioni in prodotti saussuritici; il K-feldspato è frequentemente pertitico.

Piccoli e diffusi granuli di quarzo con bordi lobati, si trovano spesso a contatto con i porfiroclasti feldspatici, a definire una tipica tessitura a mortar. Frequenti sono le

Fig. 1. — Localizzazione dei principali corpi magmatici dell'alta Valtellina. - Col puntinato sono indicate le plutoniti a carattere acido, mentre col retino quelle a carattere basico. Il « Granito del Pizzo Bianco », situato nella parte alta a sinistra dello schizzo, è riportato in dettaglio nell'inserito, è contraddistinto dalla sigla PB. Il tratto spezzato indica il confine di Stato. — Location of main magmatic bodies of the Upper Valtellina. - The « Pizzo Bianco Granite » (PB) is located on the upper left part of the general sketch map. Symbols: small dots = acidic plutonites; screen = basic plutonites; dashed lines = State boundaries. Inset: detailed sketch map of the Pizzo Bianco Granite.

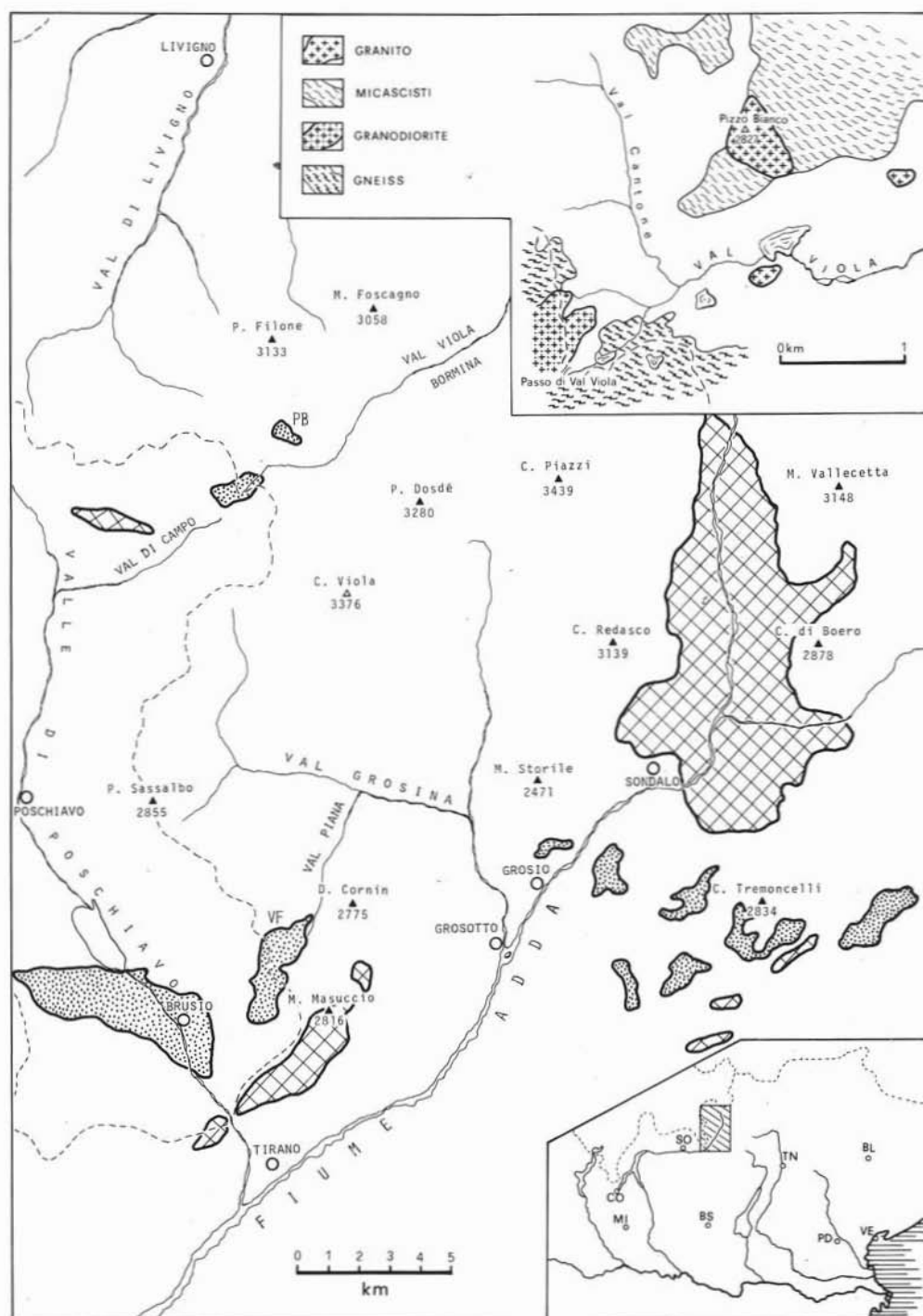


TABELLA 1

Percentuali degli ossidi degli elementi maggiori e ppm degli elementi in traccia, norme C.I.P.W., D.I., medie e deviazioni standard — Chemical analyses, C.I.P.W. norms, D.I., means and standards deviations of the Pizzo Bianco Granite samples

	PB 1	PB 2	PB 3	PB 4	PB 5	PB 6	PB 7	PB 8	PB 9	PB10	PB11	PB12	PB13	PB14	PB15	PB16	$\bar{X}$	st. dev.
SiO ₂	69.45	70.51	69.90	69.36	69.51	70.28	70.31	69.15	69.38	69.62	70.22	70.50	69.26	68.55	69.68	69.62	69.71	.55
TiO ₂	.29	.27	.26	.29	.29	.26	.26	.28	.29	.29	.35	.28	.29	.47	.38	.31	.30	.05
Al ₂ O ₃	16.50	16.11	16.51	16.29	16.33	15.99	16.48	16.15	16.49	16.22	15.89	16.03	16.60	16.89	16.08	16.50	16.32	.27
Fe ₂ O ₃	1.03	.84	.99	1.21	1.32	1.14	.96	1.12	1.55	1.18	1.03	1.15	1.09	1.41	.81	1.74	1.16	.25
FeO	1.53	1.49	1.57	1.31	1.22	1.26	1.55	1.38	1.20	1.44	1.70	1.35	1.39	1.90	2.34	1.20	1.49	.30
MnO	.05	.05	.04	.05	.05	.05	.04	.05	.06	.07	.06	.15	.04	.05	.04	.05	.05	.02
MgO	.48	.41	.67	.53	.49	.50	.70	.84	1.09	.58	.64	1.05	.53	.98	.62	.65	.67	.21
CaO	1.34	1.49	1.00	1.62	1.62	1.83	.93	1.09	.41	1.37	.89	.86	.84	1.34	1.74	.92	1.21	.40
Na ₂ O	4.09	4.10	4.42	3.90	3.93	4.26	4.43	4.20	4.68	4.02	3.71	4.39	3.86	3.81	3.84	4.46	4.13	.29
K ₂ O	4.38	4.06	3.92	4.39	4.53	3.98	3.99	3.88	3.64	4.15	4.06	3.69	4.69	3.20	3.83	3.81	4.01	.37
P ₂ O ₅	.12	.12	.11	.13	.12	.10	.09	.10	.07	.11	.10	.09	.09	.09	.15	.09	.11	.02
H ₂ O	1.16	1.16	1.16	1.13	1.07	1.13	1.14	1.14	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15	1.20	1.25	1.16	1.15	.04
Tot.	100.42	100.61	100.55	100.21	100.48	100.78	100.88	99.38	99.98	100.19	99.80	100.71	100.43	99.89	100.76	100.51		
Ba	483	379	360	616	517	428	396	391	398	512	398	336	498	725	397	483	457	102.10
Rb	181	196	153	165	160	153	144	148	141	157	167	143	177	128	148	177	159	17.67
Sr	112	107	114	129	135	111	117	108	110	120	102	111	127	189	138	115	122	20.71
Y	33	30	31	31	31	34	33	34	30	33	40	35	32	38	30	34	33	2.84
La	20	22	24	22	26	24	27	20	28	28	46	30	26	37	29	30	27	6.58
Ce	54	56	115	54	53	56	50	56	64	58	61	55	54	79	65	68	62	15.78
Ga	18	19	18	16	20	16	18	20	19	17	15	20	18	18	18	19	18	1.48
Ni	5	5	6	4	5	5	7	5	4	5	6	5	12	4	5	6	6	1.92
Cu	9	10	9	8	12	11	10	10	8	7	6	6	9	20	5	8	9	3.43
NORME C.I.P.W.																		
Q	24.93	26.88	25.57	25.51	25.10	25.41	25.71	25.99	25.66	26.26	29.69	27.07	25.95	29.31	27.05	26.24	26.40	1.37
C	2.88	2.54	3.44	2.48	2.30	1.58	3.39	3.29	4.27	2.88	4.01	3.46	3.86	4.93	2.81	3.58	3.02	1.11
OR	25.88	23.99	23.16	25.94	26.77	23.52	23.57	22.92	21.51	24.52	23.99	21.80	27.71	18.91	22.63	22.51	22.38	5.78
AB	34.60	34.69	37.40	33.00	33.25	36.04	37.48	35.53	39.60	34.01	31.39	37.14	32.66	32.23	32.49	37.73	34.95	2.41
AN	5.86	6.60	4.24	7.18	7.25	8.42	4.02	4.75	1.57	6.07	3.76	3.67	3.58	6.06	7.65	3.97	5.29	1.87
EN/HY	1.19	1.02	1.66	1.31	1.22	1.24	1.74	2.09	2.71	1.44	1.59	2.61	1.31	2.44	1.54	1.61	1.67	.52
PS/HY	1.57	1.68	1.71	1.02	.76	1.03	1.69	1.23	.55	1.32	1.80	1.34	1.24	1.64	3.07	.34	1.37	.63
MT	1.49	1.21	1.43	1.75	1.91	1.65	1.39	1.62	2.24	1.71	1.49	1.66	1.58	2.04	1.17	2.52	1.59	.52
IL	.55	.51	.49	.55	.55	.49	.49	.53	.55	.55	.66	.53	.55	.89	.72	.58	.57	.10
AP	.28	.28	.26	.30	.28	.23	.21	.23	.16	.26	.23	.21	.21	.21	.35	.21	.24	.46
D.I.	85.41	85.56	86.13	84.45	85.12	84.97	86.76	84.44	86.77	84.79	85.07	86.01	86.32	80.45	82.17	86.48	85.05	1.68

Le determinazioni degli elementi maggiori, eccettuato FeO, e degli elementi in traccia sono state effettuate mediante fluorescenza a raggi X su pastiglie di polvere pressata con aggiunta di alcool polivinilico, usando come riferimento gli standard internazionali. FeO è stato determinato mediante titolazione potenziometrica con K₂Cr₂O₇. La perdita al fuoco è stata effettuata in muffola a 1000° C per una notte.

mirmechiti. Il quarzo è presente anche in individui di dimensioni maggiori, a volte simili a quelle dei feldspati, con estinzione fortemente ondulata e tessitura pavimentosa.

Piccoli cristalli di microclino sono presenti sia all'interno di più grossi individui di K-feldspato che negli interstizi di altri minerali.

Il plagioclasio, di composizione oligoclasica (An = 15 %), mostra leggere flessioni nei piani di geminazione polisintetica, riferibili a deformazioni tardo-cristalline.

La biotite è la mica più abbondante. È diffusa in lamine allungate con accentuato pleocroismo. Evidenti sono le deformazioni tipo « kink » e frequenti sono pure le fratture. La biotite tende a trasformarsi in clorite quasi interamente. La muscovite, in piccole lamine, cristallizza all'interno della biotite, rispetto alla quale mostra di essere nettamente posteriore.

L'epidoto tende a disporsi lungo i piani di sfaldatura delle miche e ai bordi degli altri cristalli.

Lo stilpnomelano, in minuti cristalli di color rosso-giallo-marrone con debole pleocroismo e col classico assetto a covoni, mostra in rapporto agli altri minerali, una chiara genesi tardiva.

L'albite è presente come riempimento di fratture, assieme a quarzo e a calcite. Diffusa è pure l'apatite.

Ad una primitiva fase magmatica sono da attribuire i grossi individui di plagioclasio zonato, di feldspato potassico abbondantemente peritico e di quarzo, ai quali si associano biotite ed apatite.

Successivamente a questa si sviluppa una fase di ricristallizzazione caratterizzata da diffusi effetti deformativi e costituita da piccoli cristalli di quarzo a bordi lobati disposti a costituire una tessitura a mosaico, da microclino interstiziale, da clorite prodotta a spese della biotite e da minute lamine muscovitiche.

Ad una fase metamorfica tardiva (alpina) è da ricondurre la formazione di albite, epidoto e stilpnomelano.

Caratteri petrochimici

I risultati delle analisi di 16 campioni su cui sono stati determinati Ba, Rb, Sr, Y, La, Ce, Ga, Ni e Cu oltre agli elementi maggiori, sono riportati nella tabella 1. Il chimismo rivela una notevole omogeneità: le rocce in esame sono di tipo acido con un'alta percentuale di allumina. L'indice di differenziazione (THORNTON e TUTTLE, 1960) si mantiene sempre su valori abbastanza elevati, all'incirca pari a 85. Unica eccezione è il campione PB14 (D.I. = 80,45), che denuncia in generale un comportamento chimico rispetto agli altri più marcatamente basico; peraltro è ubicato in prossimità del contatto. In generale FeO_{tot} , MgO , TiO_2 e P_2O_5 presentano valori tendenzialmente bassi, così pure si può dire per CaO . Gli alcali presentano un rapporto vicino all'unità, con percentuali oscillanti attorno al 4%. Per quanto riguarda il carattere seriale di queste rocce, emerge abbastanza chiaramente l'affinità calcalkalina, come si può osservare dal diagramma $\text{SiO}_2/\text{Alcali}$ di figura 2 e dal diagramma SiO_2 vs K_2O di figura 3. Anche nel diagramma AFM rappresentato in figura 4, la distribuzione dei punti cade all'interno del campo calcalkalino, pur non individuando

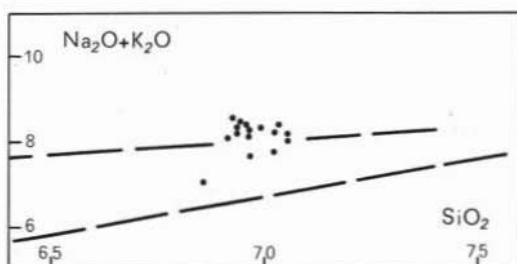


Fig. 2. — Diagramma SiO_2 vs alcali. - Le due linee spezzate corrispondono ai limiti proposti da KUNO (1969) per la definizione del campo calcalkalino. — Alkali/Silica diagram. - The dashed lines delimit the calc-alkaline field (KUNO, 1969).

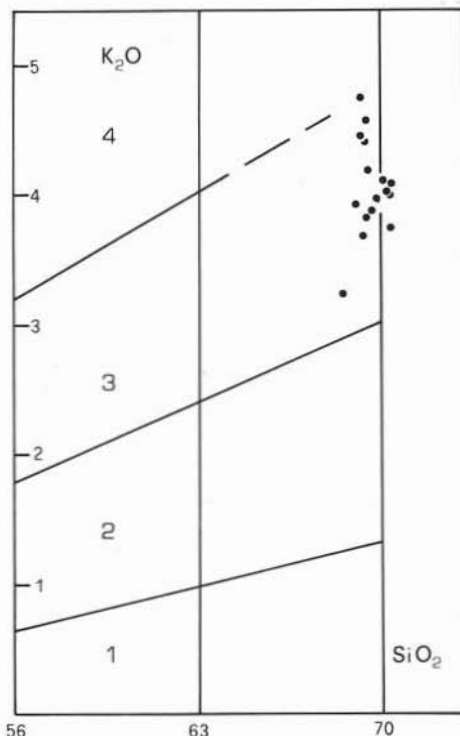


Fig. 3. — Diagramma SiO_2 vs K_2O . - 1 = serie a basso contenuto di K; 2 = serie calcalkaline; 3 = serie calcalkaline ad alto contenuto di K; 4 = serie shoshonitiche, da PECCERILLO e TAYLOR (1976). — $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ diagram (PECCERILLO and TAYLOR, 1976). 1 = low-K tholeiitic series; 2 = calc-alkaline series; 3 = high-K calc-alkaline series; 4 = shoshonitic series.

un andamento di tipo lineare (RINGWOOD, 1975).

Il « Granito del Pizzo Bianco » è peralluminoso ($\text{Al} > \text{Na} + \text{K} + 2\text{Ca}$) ed appartiene al dominio Anortite + Corindone normativo del triangolo $\text{Alc}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CaO}$ (BONIN, 1982).

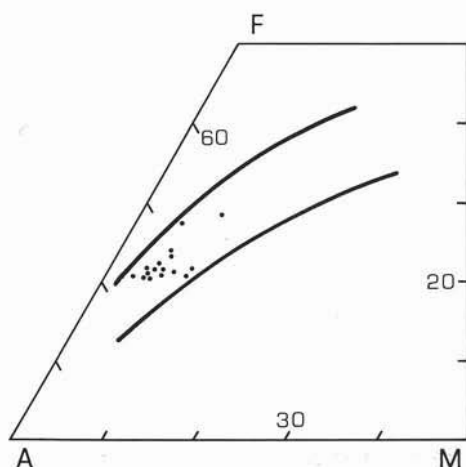


Fig. 4. — Diagramma AFM. - Le linee di spessore maggiore definiscono il campo di frequenza delle rocce a carattere calcalkalino, da RINGWOOD (1975). — A-F-M diagram. The strong lines delimit the calc-alkaline field (RINGWOOD, 1975).

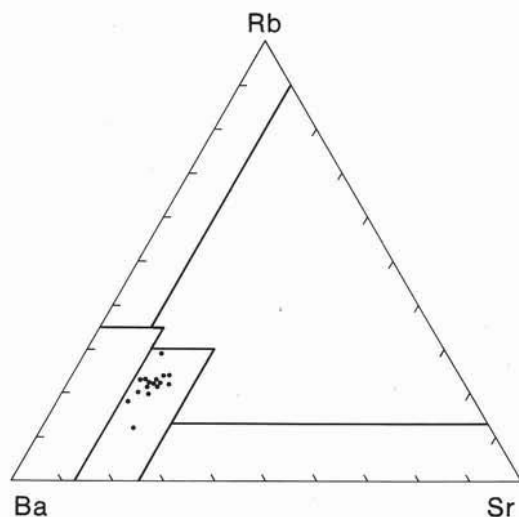
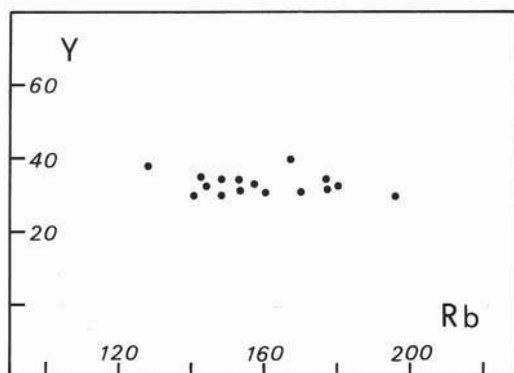
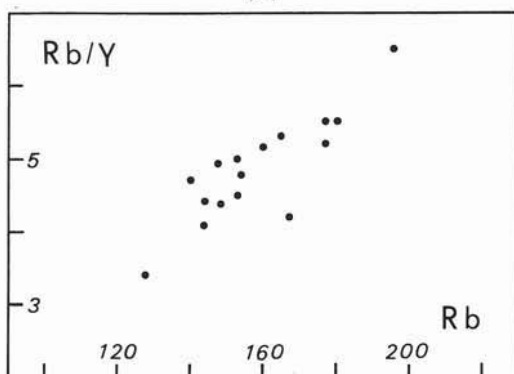


Fig. 5. — Diagramma Rb-Ba-Sr. - I campioni del « Granito del Pizzo Bianco » si dispongono all'interno del campo, definito dagli Autori, dei graniti anomali. — Discriminating diagram Rb-Ba-Sr (EL BOUSEILY and EL SOKKARY, 1975). All samples fall in the field of the « anomalous granites ».

Le concentrazioni degli elementi minori determinati non presentano variazioni sostanzialmente significative. Si può notare un incremento relativo di Ba e più ridotto di Rb rispetto a Sr, con un rapporto Rb/Sr generalmente superiore a uno. I rapporti tra questi tre elementi sono indicati nel diagramma di



(a)



(b)

Fig. 6. — Diagramma Rb vs Y (a) e Rb vs Rb/Y (b). - I punti relativi ai campioni esaminati sono riportati entro diagrammi proposti da TREUIL et JORON (1975) per gli elementi igromagmatofili. — Rb vs Y (a) and Rb vs Rb/Y (b) diagrams proposed by TREUIL and JORON (1975) for the incompatible elements.

figura 5, da cui risulta che i campioni in esame appartengono al gruppo dei graniti definiti anomali (EL BOUSEILY et al., 1975).

Il significato delle variazioni reciproche tra gli elementi determinati è sintetizzato dal coefficiente di correlazione riportato nella matrice di tabella 2. È da rilevare tra gli elementi maggiori la correlazione negativa tra MgO vs CaO e MgO vs K₂O; tra elementi maggiori e minori emerge una correlazione positiva statisticamente altamente significativa, tra K vs Rb. Tra elementi minori incompatibili e compatibili esistono correlazioni sia positive (La vs Y, Sr vs Ni) che negative (Rb vs Ni). Anche il rame fornisce correlazioni altamente significative rispetto a Ni e Ba.

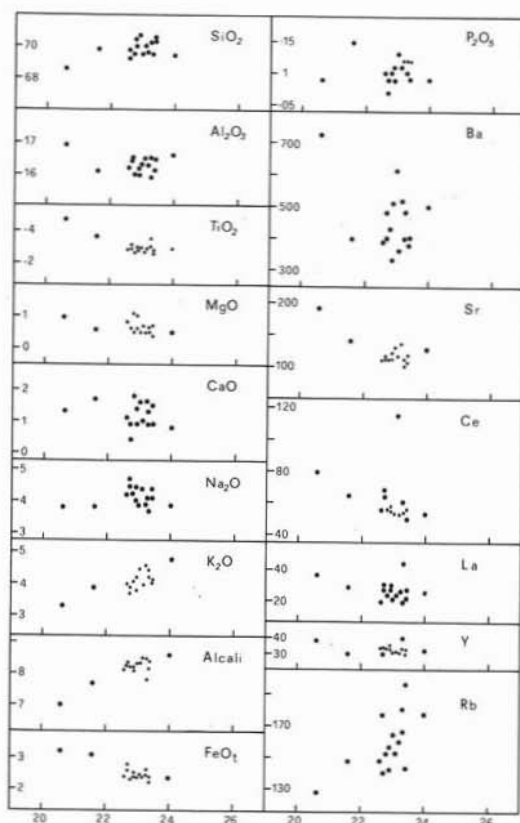


Fig. 7. — Diagramma ossidi ed elementi su Indice di Larsen. — Distribuzione dei campioni rispetto all'indice di Larsen. Nei casi di maggior addensamento di punti si è fatto uso di pallini di dimensioni minori. — Variation diagrams for major and trace elements against Larsen Index for the Pizzo Bianco Granite.

pide. A questo evento magmatico, cui è pure da ascrivere lo sviluppo di biotite ed apatite, segue una fase di ricristallizzazione con formazione di microclino interstiziale, clorite e muscovite.

Posteriormente alla muscovite ha luogo una diffusa fioritura di epidoti, quindi di albite e, da ultimo si formerebbe stilpnomelano, come suggerirebbero le evidenze petrografiche.

Un dato che appare significativo è quello che si riferisce alle deformazioni. I piani di geminazione polisintetica, che in alcuni plagioclasti appaiono piegati, i « kinks » e le fratture nella biotite e nella clorite (solo molto raramente le muscoviti appaiono piegate); la forte estinzione ondulata del quarzo,

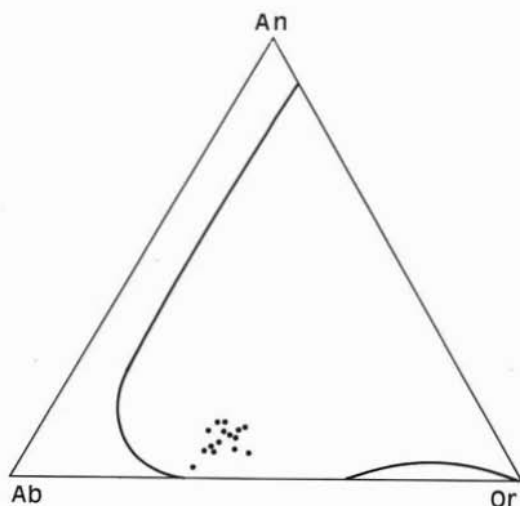


Fig. 8. — Diagramma An-Ab-Or. — I campioni esaminati si localizzano nel campo « a due feldspati ». — An-Ab-Or diagram. All samples fall in the « two feldspars » field.

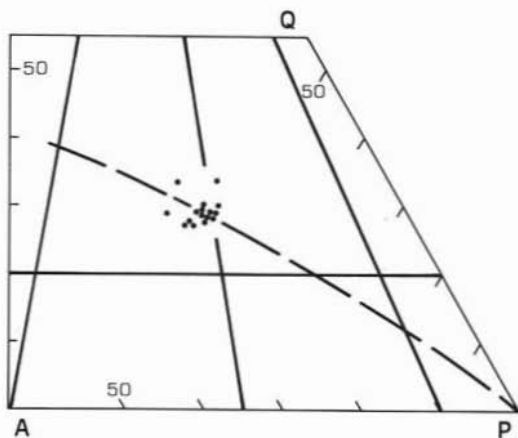


Fig. 9. — Diagramma QAP. — I campioni di « Granito del Pizzo Bianco » occupano il campo delle serie granodioritiche calcalkaline a medio K e si distribuiscono lungo il trend mediano indicativo della serie. — Q-A-P diagram. The Pizzo Bianco Granite samples plot within the granodioritic calcalkaline series field.

sono tutti effetti dovuti a strain, che sembrano esaurirsi prima della blastesi ad albite ed epidoto.

Attribuendo lo sviluppo di albite ed epidoto al metamorfismo alpino, responsabile anche della formazione di stilpnomelano, ne deriva che plagioclasio, K-feldspato, quarzo, biotite, clorite e muscovite p.p., appartenerebbero ad una fase di cristallizzazione pre-

tettonica. L'intrusione, viceversa, come si può desumere dalle osservazioni di campagna, presenta un carattere post-cinemático.

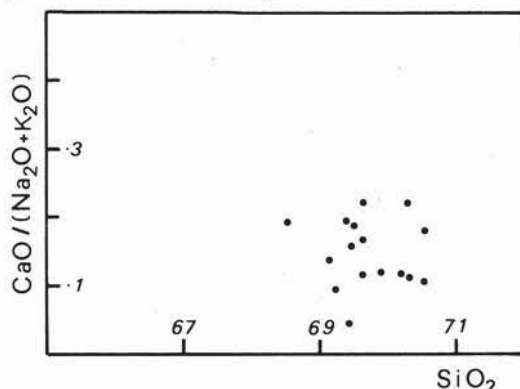


Fig. 10. — Diagramma SiO_2 vs $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. — La dispersione dei campioni, secondo quanto suggerito da Christiansen e Lipman in PETRO et al. (1979) suggerisce un comportamento più vicino a quello di una serie estensionale che compressionale. — SiO_2 vs $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram. See text for explanation.

Per quanto riguarda i minerali di contatto, il cui studio non è stato ancora affrontato, va segnalata la presenza di sillimanite, nelle metamorfiti ai bordi del plutone (PACE, 1966).

Il « Granito del Pizzo Bianco » risulta costituito da rocce peralluminifere appartenenti ad un « trend granodioritico calcalalino » o « a medio potassio » (LAMEYRE et al., 1982), come si può osservare dal diagramma QAP di figura 9.

Circa la definizione dell'ambiente tettonico in cui il plutone si sarebbe messo in posto si può fare riferimento al rapporto $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ secondo quanto proposto da Christiansen e Lipman, in PETRO et al. (1979). Infatti, se si calcola l'indice alcali/calcio, cioè il valore di SiO_2 per cui $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ è uguale ad uno, si ottiene un valore di 69.54. Tale valore si colloca oltre l'estremo superiore dell'intervallo di frequenza, compreso tra i limiti di 60 e 64, entro cui generalmente cadono le rocce plutoniche appartenenti a serie compressionali. Secondo questo criterio, quindi, le rocce del « Granito del Pizzo Bianco » presenterebbero caratteri tipici di serie tettoniche compressionali. Il diagramma costruito su $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ e SiO_2 , illustrato in figura 10, sembrerebbe contraddire in parte

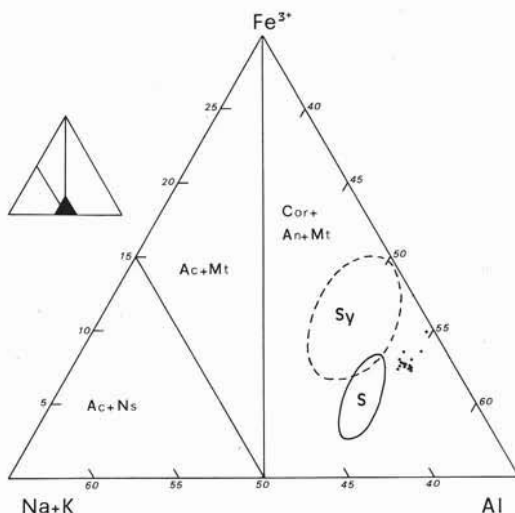


Fig. 11. — Diagramma $\text{Na} + \text{K}/\text{Fe}/\text{Al}$. — I campioni esaminati si pongono all'esterno dei campi indicati da BONIN (1982) come graniti subsolvus a biotite (S) e monzoniti (Sy). — $\text{Na} + \text{K}/\text{Fe}/\text{Al}$ diagram. See text for explanation.

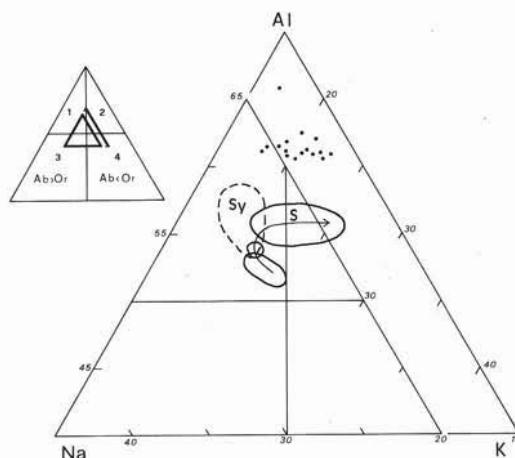


Fig. 12. — Diagramma $\text{Al}/\text{Na}/\text{K}$. — I campioni di « Granito del Pizzo Bianco » mostrano saturazione in Al con prevalenza di K rispetto a Na, essendo situati al di sopra della linea Al_{50} e per buona parte alla destra del rapporto $\text{Na}/\text{K} = 1$. Come si può notare sono completamente estranei al trend evolutivo indicato da BONIN (1982) per i graniti della Corsica. — $\text{Al}/\text{Na}/\text{K}$ diagram. See text for explanation.

questo risultato, in quanto la distribuzione dei punti rappresentativi dei campioni appare abbastanza dispersa, rivelando un comportamento più simile a quello caratteristico di una serie di tipo estensionale. Ad eccezione

di questo diagramma, il chimismo di queste rocce ha messo in evidenza un comportamento coerente con quello di una serie di tipo compressionale, concordemente con il carattere delle rocce calcocaline.

Per quanto riguarda la derivazione delle rocce che costituiscono il « Granito del Pizzo Bianco », se si prende come discriminante Al rispetto a Fe e Alkali (figura 11), si ottiene una concentrazione di punti esterna ai limiti indicati da BONIN (1982) per l'area di frequenza dei graniti « subsolvus » a biotite. La disposizione dei punti rappresentativi dei campioni, inoltre, non individua trend particolari o in qualche modo significativi; infatti, a tenori costanti di Al corrispondono variazioni di Fe e degli alcali. Anche dal diagramma Na-K-Al illustrato in figura 12 non emerge una linea di tendenza, ma si conferma il carattere peralluminoso di questo granito « subsolvus » a biotite con predominio del K-feldspato; un comportamento analogo a quanto avviene nelle parti sommitali delle cupole granitiche.

Dati geocronologici preliminari (metodo Rb-Sr) permettono di attribuire il « Granito del Pizzo Bianco » al ciclo magmatico ercinico (DEL MORO, NOTARPIETRO, in progress).

Conclusioni

Il cosiddetto « Granito del Pizzo Bianco » è in realtà un plutone costituito da rocce peralluminose a composizione granitico-granodioritica con carattere calcocalino.

Lo studio petrografico ha permesso di individuare due associazioni mineralogiche distinte. La prima è rappresentata da una cri-

stallizzazione magmatica a due feldspati, con formazione di grossi individui di plagioclasio ($An = 15\%$) e microclino con quarzo, biotite ed apatite. La seconda è caratterizzata da ricristallizzazione di microclino, quarzo, clorite e muscovite e si realizza in concomitanza con la deformazione principale. Ad una fase metamorfica tardiva (evento alpino) sono invece da ricordare le formazioni di albite, epidoto e stilpnomelano.

L'intrusione del granito è stata favorita dall'assetto strutturale della roccia incassante, costituita da metamorfiti di grado medio, medio-basso. Questi scisti sono caratterizzati da pendenze eccentuate, con direzione media NW-SE ed immersione oscillante tra NE e SW.

Nelle immediate vicinanze del plutone è stata individuata la presenza di sillimanite, peraltro già segnalata da PACE (1966). Il contatto appare netto ed il granito presenta caratteri comuni a intrusioni post-cinematiche; inoltre, sia il granito che la roccia ospite mostrano di essere stati coinvolti, in modo solidale, in un comune evento deformativo.

I primi dati emersi da una più completa analisi radiometrica tuttora in corso, attribuiscono il « Granito del Pizzo Bianco » al ciclo magmatico ercinico, con una probabile derivazione da materiale crostale.

Ringraziamenti. — Lavoro eseguito nell'ambito del Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R., presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Milano.

Gli autori ringraziano i Proff. A. BORIANI e A. GREGNANIN per l'attenta lettura del manoscritto e per gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

- BONIN B. (1982) - *Les granites des complexes annulaires*. Man. e Méth. n. 4, B.R.G.M.
- DEL MORO A., NOTARPIETRO A., POTENZA R. (1982) - *Revisione del significato strutturale e geocronologico delle masse intrusive minori dell'Alta Valtellina: risultati preliminari*. Rend. S.I.M.P., 38 (1), 89-96.
- EL BOUSEILY A.M., EL SOKKARY A.A. (1975) - *The relation between Rb, Ba and Sr in granitic rocks*. Chem. Geol., 16, 207-219.
- KUNO H. (1969) - *Differentiation of basalt magmas*, in Basalts, 2, Wiley & Sons, N.Y.
- LAMEYRE J., BOWDEN P. (1982) - *Plutonic rocks types series: discrimination of various granitoid series and related rocks*. Jour. Volc. Geothermal Res., 14, 169-186.
- NOTARPIETRO A., GORLA L. (1981) - *Contributo alla conoscenza delle formazioni austroalpine dell'Alta e Media Valtellina. - Variazioni petrochimiche nella formazione di Valle Grosina*. Rend. S.I.M.P., 32 (2), 755-791.
- PACE F. (1963) - *Ricerche geologico-petrografiche nell'Alta Val Viola-Bormina (Sondrio)*. Tesi di Laurea inedita n. 151, Ist. Min. Petr. Univ. Milano.
- PACE F. (1966) - *Studio petrografico dell'Alta Val Viola (Sondrio)*. Atti Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano, CV, 1, 43-60.

- PECCERILLO A., TAYLOR S.R. (1976) - *Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu Area, Northern Turkey*. Contrib. Mineral. Petrol., 58, 63-81.
- PETRO W.L., VOGEL T.A., WILBAND J.T. (1979) - *Major-element chemistry of plutonic rock suites from compressional and extensional plate boundaries*. Chem. Geol., 26, 217-235.
- RINGWOOD A.E. (1975) - *Composition and petrology of the earth's mantle*. McGraw Hill Inc., N.Y., 618 pp.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Foglio 8: «Bormio». Note illustrative della Carta Geologica d'Italia*.
- 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.
- THEOBALD T. (1866) - *Die Südöstlichen Gebirge von Graubünden*. Beitr. Geol. Karte d. Schweiz., Chur, 3 Lief.Bd.15.
- THORNTON C.P., TUTTLE O.F. (1960) - *Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index*. Am. Jour. Science, 258, 664-684.
- TREUIL M., JORON J.L. (1975) - *Utilisation des éléments hygromagmatophiles pour la simplification de la modélisation quantitative des processus magmatiques. Exemples de l'Afar et de la Dorsale Medioatlantique*. Rend. S.I.M.P., 31 (1), 125-174.