

BONA BIANCHI POTENZA *, ADALBERTO NOTARPIETRO **

LA « FORMAZIONE DI VALLE GROSINA »:
REVISIONE DEI SUOI ASPETTI PETROGRAFICI
IN UN NUOVO CONTESTO GEOLOGICO

I. - GLI « GNEISS GRANITOIDI »***

RIASSUNTO. — Gli autori prendono in esame gli aspetti petrografici della « Formazione di Valle Grosina », la cui estensione ed il cui significato geologico devono essere riveduti profondamente dopo l'annessione a questa unità della « Formazione della Punta di Pietra Rossa » ed una mutata interpretazione degli stili tettonici dominanti nella regione.

Dei principali litotipi della formazione, riconosciuti in letteratura, viene data una descrizione sommaria ed un accenno ai rapporti reciproci; dei tipi granitoidi, che meglio si prestano ad una descrizione significativa basata su un numero limitato di campioni, vengono riportati dati petrochimici originali ed elaborazioni interpretative.

ABSTRACT. — The authors examine the petrographic aspects of the « Formazione di Valle Grosina » in order to revise its extension and its geological meaning because of the joining to this unit of the « Formazione della Punta di Pietra Rossa » and because of the changed interpretation of the main tectonic styles of the region.

The main lithotypes of the formation, that are recognized in the literature, are briefly described with a mention of the reciprocal relations. Original petrochemical data and interpretative elaborations are reported about granitoid types, that are more useful for a significant description based on a little number of sample.

Introduzione

La « Formazione di Valle Grosina » è un'unità litostratigrafica, i cui tipi, principalmente localizzati nelle valli a Nord-Ovest di Grosio, da cui derivano il nome, affiorano diffusamente in Alta Valtellina.

Questa regione dell'Alta Valtellina è stata oggetto di studio fin dagli inizi del secolo: già SPITZ nel 1919 cita nei suoi lavori il termine « gneiss Grosina », e successivamente STAUB (1937), si serve di questo nome in senso strutturale, attribuendolo alla « falda che costituisce il sistema più alto degli elementi subsilvrettidi, al tetto dell'Austroalpino medio l.s. ».

Nel 1969, gli estensori del Foglio 8 Bormio della Carta Geologica d'Italia, definiscono formalmente la « Formazione di Valle Grosina »: essa viene attribuita all'Austroalpino superiore, in cui costituisce la base del sistema di Scarl-Umbrail.

* Istituto di Mineralogia, Petrografia, Geochimica dell'Università di Milano. ** Centro di Studio sulla Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R., Milano. *** Lavoro eseguito nell'ambito delle ricerche del Centro di Studio sulla Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R., Milano.

Rispetto alla «Falda Grosina» di Staub, essa risulta essere meno estesa e caratterizzata da una maggiore affinità litologica. Secondo tali autori, infatti, essa è costituita da gneiss granitoidi, gneiss occhiadini, gneiss biotitici a grana minuta, ed i suoi rapporti con le formazioni adiacenti risultano essere di natura tettonica.

Alla luce di recenti considerazioni petrologiche e strutturali, questa formazione assume una nuova configurazione ed una mutata importanza nel contesto geologico centroalpino.

Si è così deciso di riprendere in esame questa formazione con studi sul terreno ed in laboratorio, allo scopo di definirla più esattamente dal punto di vista mineralogico, petrografico e strutturale, oltre che a chiarirne i rapporti reciproci. Queste

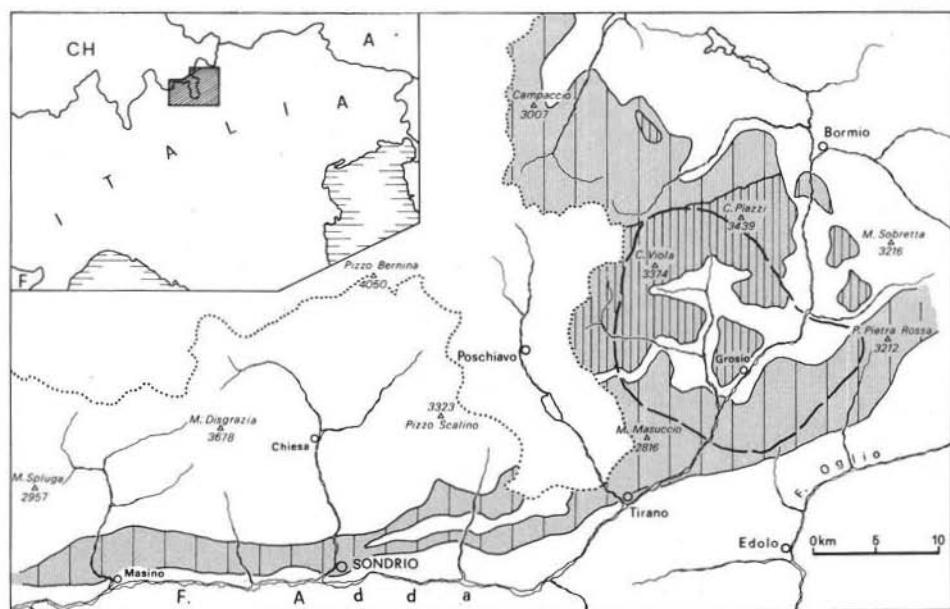


Fig. 1. — Viene indicata in grigio l'estensione della «Formazione di Valle Grosina», che comprende la «Formazione di Valle Grosina» auctorum (tratteggio verticale fitto) e la «Formazione della Punta di Pietra Rossa» (tratteggio verticale largo). La linea tratteggiata racchiude l'area presa in esame.

revisioni, avviate dal 1970, hanno portato fino ad oggi alla pubblicazione di due note: l'una di CORRADINI et alii (1973), e l'altra di GORLA e POTENZA (1974). Nella prima si pone in discussione l'estensione della «Formazione di Valle Grosina»; nell'ambito di questa si riconosce l'esistenza di uno stile tettonico accentuatamente rigido e la successione ordinata costituita da gneiss occhiadini, minuti e granitoidi, distinti in membri. Nella seconda, in base a criteri strutturali e considerazioni di ordine petrografico, si accerta l'identità della «Formazione della Punta di Pietra Rossa» (Note illustrative dei Fogli 7-18, 8 e 19 della Carta Geologica d'Italia) con la «Formazione di Valle Grosina».

Le conclusioni di questi lavori conducono ad una notevole semplificazione

del quadro strutturale della regione. L'identità della «Formazione della Punta di Pietra Rossa» e della «Formazione di Valle Grosina» di fatto ne amplia notevolmente i confini, praticamente estendendola in senso longitudinale da Bormio fino oltre la Val Masino (fig. 1).

Emerge così comprensibilmente la necessità di approfondire i lavori di revisione avviati in questa zona, al fine di pervenire ad una definizione completa di tutta la «Formazione di Valle Grosina», tenendo conto della nuova estensione e delle implicazioni petrografiche connesse. È con questo spirito che abbiamo ripreso lo studio della formazione, riferendoci per ora solo agli gneiss granitoidi, ritenendone l'approccio più semplice dal punto di vista geolitologico. Questi litotipi, infatti, hanno sempre una posizione ben definita, occupando comunque la parte sommitale della formazione. I rapporti tra gneiss occhiadini e minuti, invece, appaiono del tutto lineari in alcune aree di affioramento (CORRADINI et alii, 1973); in altre tendono a complicarsi, tanto che talvolta gli gneiss minuti presentano caratteri tali da poter essere considerati intercalazioni negli occhiadini.

Il lavoro svolto si è sviluppato con l'analisi ottica e con un'accurata indagine petrochimica su campioni originali. In entrambi i casi si è cercato di attenersi il più possibile a criteri di rappresentatività statistica, e, pur tenendo conto dei limiti imposti dal gran numero di variabili connesse ad un sistema qual è lo studio di una compagine metamorfico-migmatica, l'omogeneità dei risultati ottenuti ha confermato l'attendibilità della campionatura.

Descrizione petrografica

Gli *gneiss granitoidi* sono caratterizzati da aspetti diversi, comprendendo tipi più francamente gneissici, tipi granitici e tipi intermedi.

I primi sono i più rappresentati, ed hanno una scistosità molto evidente, dovuta soprattutto all'allineamento degli elementi micacei, parallela a quella della roccia incassante (gneiss minuti). I tipi granitici, quantitativamente subordinati rispetto agli altri, presentano una debole orientazione talora risolvibile solo microscopicamente. I tipi intermedi sono contraddistinti, nei diversi affioramenti, da caratteri sia accentuatamente gneissici, sia più decisamente granitici; anche la loro diffusione si può considerare intermedia rispetto agli altri due. Carattere comune di questi litotipi è sia il contatto netto con le rocce incassanti, sia le inclusioni di gneiss di tipo minuto.

Microscopicamente gli gneiss granitoidi presentano sempre una tessitura prevalentemente massiccia, con orientazioni di alcuni elementi mineralogici. Caratteristica generale del litotipo è il prevalere della componente quarzoso-feldspatica su quella micacea. La paragenesi tipica è data da quarzo, in individui di grosse dimensioni, fratturato, con i bordi cementati da microcristalli con struttura a mosaico. In ordine di abbondanza segue generalmente il K-feldspato, presente come microclino, in due generazioni: porfiroblasti, molto fratturati, con fratture ricementate

TABELLA 1

*Analisi chimiche, parametri magmatici, componenti della base, valori di QLM
e valori dei tre fattori estratti dall'analisi fattoriale*

	GC93	GR342	PB52	DM113	RT99	RT100	NA25	GR324	GR24
Coord.	8994 3644	0236 2690	2368 9024	8728 3658	9664 4033	9711 3853	8682 3286	0345 2532	0594 2644
SiO ₂	67.48	73.27	68.10	69.09	66.48	68.97	68.20	71.56	69.36
TiO ₂	.44	.24	.46	.69	.63	.42	.46	.37	.38
Al ₂ O ₃	16.05	15.59	15.75	15.09	15.40	15.59	15.92	15.64	16.16
Fe ₂ O ₃	2.25	1.64	2.86	3.61	3.89	3.41	3.05	2.06	2.72
FeO	2.25	.86	1.13	1.34	1.93	.90	1.65	1.15	.66
MnO	.11	.07	.11	.11	.12	.11	.11	.06	.08
MgO	1.53	.52	1.40	1.32	2.15	1.45	1.57	.88	.81
CaO	3.71	1.28	2.28	2.47	4.14	3.37	3.69	1.88	2.38
Na ₂ O	3.50	3.00	3.08	3.09	2.44	3.54	2.92	3.06	3.63
K ₂ O	2.83	4.52	3.68	3.33	2.61	2.81	2.89	4.05	3.44
P ₂ O ₅	.06	.01	.04	.05	.07	.05	.06	.03	.04
H ₂ O ⁺	.47	.30	.52	.45	.72	.32	.47	.36	.56
	100.68	101.30	99.41	100.64	100.58	100.94	100.99	101.10	100.22
si	274.57	382.88	304.94	306.33	261.89	292.34	282.81	346.48	320.25
al	38.50	47.90	41.60	39.50	35.70	39.00	38.90	44.50	43.90
fm	24.20	14.60	23.60	26.10	30.90	23.60	25.30	18.80	17.90
c	16.20	7.20	10.90	11.70	17.50	15.30	16.40	9.80	11.80
alk	21.10	30.30	23.90	22.70	15.90	22.10	19.40	26.90	26.40
k	.35	.50	.44	.41	.41	.34	.39	.47	.38
mg	.38	.28	.40	.33	.41	.39	.38	.34	.31
Q	50.71	56.77	52.72	53.19	52.00	52.12	52.66	55.33	53.16
Kp	10.11	16.08	13.36	12.00	9.47	10.02	10.36	14.45	12.35
Ne	19.01	16.22	16.99	16.92	13.45	19.19	15.91	16.59	19.81
Cal	10.92	3.79	6.81	7.30	12.36	9.92	10.90	5.53	7.04
Sp	1.01	2.16	4.43	3.36	1.99	1.16	2.33	3.67	3.40
Hz	.00	2.16	.00	.00	.00	.00	.00	1.06	.29
Fs	2.37	1.72	3.06	3.84	4.16	3.59	3.22	2.17	2.88
Fa	2.75	.00	1.47	1.70	2.42	1.17	2.06	.88	.72
Fo	2.69	.00	.75	1.10	3.56	2.44	2.12	.00	.00
Cp	.12	.02	.08	.10	.14	.10	.12	.06	.08
Ru	.31	.17	.33	.49	.45	.29	.32	.26	.27
C	.00	.81	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
Q	51.24	59.91	55.17	55.06	53.06	52.74	53.92	59.10	55.20
L	40.45	38.08	38.88	37.47	35.99	39.58	38.05	38.38	40.70
M	8.31	2.01	5.95	7.47	10.95	7.68	8.03	3.52	4.10
F ₁	57.07	35.52	52.08	54.04	63.52	55.46	58.21	42.53	46.31
F ₂	30.91	52.42	37.40	31.59	23.79	33.29	30.43	42.06	40.54
F ₃	12.02	12.06	10.51	14.37	12.68	11.25	11.36	15.40	13.15

(continua)

(segue Tab. I)

	GR86	GR326	GR75	GR300	GR10	GR350	SF28	GR196	RT10
Coord	0253 2436	0339 2491	0404 2570	0406 2610	0030 2651	0488 2728	9048 2653	9930 2108	9657 3982
SiO ₂	72.54	66.45	72.11	75.08	75.32	73.98	71.29	68.97	68.35
TiO ₂	.29	.48	.34	.11	.09	.16	.48	.44	.42
Al ₂ O ₃	15.27	17.41	15.56	14.51	16.30	15.01	14.60	16.09	15.50
Fe ₂ O ₃	2.30	2.80	2.39	.92	.55	1.39	3.35	2.49	3.48
FeO	.44	.86	.80	.43	.48	.56	.83	1.27	1.13
MnO	.07	.07	.07	.08	.06	.06	.11	.09	.11
MgO	.64	1.25	.81	.32	.19	.28	1.40	1.18	1.63
CaO	1.75	3.26	1.54	.44	.40	.91	2.10	2.60	2.54
Na ₂ O	2.93	3.79	3.12	5.20	2.59	3.22	3.17	3.98	2.84
K ₂ O	4.36	2.42	4.01	2.24	4.85	5.01	3.37	2.70	3.29
P ₂ O ₅	.04	.07	.04	.00	.01	.01	.04	.06	.04
H ₂ O ⁺	.49	.64	.84	.23	.44	.59	.58	.59	.32
	101.12	99.50	101.63	99.56	101.28	101.18	101.32	100.46	99.65
si	369.99	280.19	347.96	439.38	448.67	408.30	332.06	304.95	299.90
al	45.80	43.30	47.10	50.00	57.20	48.80	40.10	41.90	40.10
fm	15.90	20.00	18.00	9.30	6.80	10.90	25.10	21.10	26.70
c	9.60	14.70	8.00	2.80	2.60	5.40	10.50	12.30	11.90
alk	28.70	22.00	26.90	37.90	33.40	34.90	24.30	24.70	21.30
k	.49	.30	.46	.22	.55	.51	.41	.31	.43
mg	.31	.39	.32	.30	.25	.21	.39	.37	.40
Q	56.47	51.35	55.36	57.60	59.51	56.63	54.89	52.34	53.48
Kp	15.59	8.73	14.15	7.99	17.28	17.86	12.06	9.66	11.94
Ne	15.93	20.79	16.73	28.20	14.03	17.44	17.24	21.63	15.66
Cal	5.11	9.63	4.42	1.32	1.16	2.69	6.17	7.60	7.60
Sp	2.67	4.63	3.34	1.33	.79	1.17	3.32	3.34	4.59
Hz	1.19	.00	2.00	1.19	1.26	1.44	.00	.00	.00
Fs	2.43	2.98	2.49	.97	.58	1.46	3.53	2.63	3.72
Fa	.00	1.09	.00	.00	.00	.00	1.10	1.58	1.47
Fo	.00	.32	.00	.00	.00	.00	1.27	.79	1.16
Cp	.08	.14	.08	.00	.02	.02	.08	.12	.08
Ru	.20	.34	.24	.08	.06	.11	.34	.31	.30
C	.33	.00	1.19	1.32	5.31	1.18	.00	.00	.00
Q	58.95	53.86	59.24	59.92	64.24	58.88	56.80	54.16	56.07
L	38.23	41.04	37.77	39.00	35.05	39.47	36.67	40.22	36.88
M	2.82	5.10	2.99	1.08	.71	1.65	6.53	5.62	7.05
F ₁	43.42	53.07	44.01	26.57	27.07	30.83	51.89	51.87	54.25
F ₂	46.83	32.23	43.57	57.09	65.19	59.10	36.64	34.42	34.87
F ₃	9.75	14.70	12.42	16.34	37.74	10.06	11.47	13.72	10.88

(continua)

(segue Tab. 1)

	MP59	GR323	GR25	GR142	MM43	MPA16	NA03	RT105	SF42
Coord.	9950 4244	0376 2543	0554 2659	0034 2834	9012 2523	0034 4580	9760 3006	9780 3970	9106 2615
SiO ₂	67.97	70.13	73.66	68.62	67.62	68.48	71.14	67.46	67.38
TiO ₂	.50	.44	.27	.50	.56	.68	.30	.50	.49
Al ₂ O ₃	15.66	15.75	16.58	16.68	15.41	15.16	15.61	16.16	15.10
Fe ₂ O ₃	3.53	2.86	1.41	3.16	3.76	4.48	2.55	3.42	3.50
FeO	1.42	.96	.48	1.26	1.11	.52	.47	1.44	.99
MnO	.11	.08	.07	.10	.11	.11	.10	.10	.10
MgO	1.82	1.08	.79	.90	1.93	1.79	.64	1.60	1.56
CaO	3.13	2.21	1.94	2.11	3.10	1.87	1.61	3.48	2.86
Na ₂ O	2.65	2.93	3.57	3.22	3.09	2.84	3.62	2.76	3.69
K ₂ O	3.35	3.49	2.26	3.68	3.55	3.74	3.89	3.26	3.40
P ₂ O ₅	.05	.05	.04	.04	.05	.03	.03	.05	.05
H ₂ O ⁺	.58	.37	.32	.43	.66	.83	.52	.73	.58
	100.77	100.35	101.39	100.70	100.95	100.53	100.48	100.96	99.70
si	283.98	328.53	378.72	306.14	277.28	302.46	351.07	278.17	285.78
al	38.50	43.50	50.20	43.80	37.20	39.50	45.40	39.20	37.70
fm	27.80	21.70	13.90	21.70	27.60	29.00	16.50	25.80	24.90
c	14.00	11.10	10.70	10.10	13.60	8.80	8.50	15.40	13.00
alk	19.70	23.70	25.20	24.40	21.60	22.70	29.60	19.60	24.40
k	.45	.44	.29	.43	.43	.46	.41	.44	.38
mg	.41	.35	.44	.28	.43	.41	.28	.38	.40
Q	52.56	55.21	58.63	52.77	50.58	52.82	54.48	52.05	50.02
Kp	12.07	12.58	8.01	13.20	12.72	13.54	13.93	11.73	12.28
Ne	14.51	16.05	19.22	17.55	16.83	15.62	19.71	15.09	20.25
Cal	9.29	6.51	5.63	6.21	9.15	5.58	4.74	10.33	8.49
Sp	3.48	4.55	3.27	3.77	1.58	5.19	2.68	3.11	.43
Hz	.00	.85	1.27	2.28	.00	.00	1.33	.00	.00
Fs	3.75	3.04	1.47	3.34	3.97	4.78	2.69	3.63	3.73
Fa	1.80	.80	.00	.45	1.43	.74	.00	1.80	1.28
Fo	2.09	.00	.00	.00	3.25	1.19	.00	1.81	3.07
Cp	.10	.10	.08	.08	.10	.06	.06	.10	.10
Ru	.35	.31	.19	.35	.39	.48	.21	.35	.35
C	.00	.00	2.23	.00	.00	.00	.17	.00	.00
Q	54.47	58.38	62.89	56.18	51.40	55.71	56.86	53.73	50.25
L	37.15	37.14	35.25	39.33	39.32	36.64	40.05	38.34	41.19
M	8.38	4.48	1.86	4.49	9.28	7.65	3.09	7.93	8.56
F ₁	57.30	49.93	42.58	48.99	56.90	52.34	43.66	56.10	54.04
F ₂	31.23	36.89	42.33	38.15	31.32	33.59	47.70	31.05	33.71
F ₃	11.47	13.18	15.09	12.86	11.78	14.07	8.64	12.85	12.25

da quarzo, e cristalli minuti privi di fratture. Il plagioclasio è presente sia in macrocristalli completamente alterati e fratturati, sia in minuti cristalli privi di alterazione. I primi presentano una zonatura ancora evidente con bordi per lo più costituiti da plagioclasti non alterati, e prodotti di alterazione di un plagioclasio piuttosto calcico (calcite + epidoto + sericite) al nucleo. I secondi, sempre geminati secondo la legge dell'albite, hanno una composizione variabile dal 10 al 25 % An. I componenti melanocrati sono rappresentati da biotite, in lamine sfrangiate, fratturate, piegate, più o meno cloritizzate; da muscovite, sempre nettamente subordinata alla biotite, e meno deformata di quest'ultima. Più raramente è presente un anfibolo di tipo orneblenda. Accessorio molto comune è un epidoto, generalmente derivato dalla trasformazione del plagioclasio, e uno, più raramente, primario. In quest'ultimo caso può presentare un nucleo ortitico, ed essere anche leggermente pleocroico. Sempre presente è l'apatite, frequenti sono anche rutilo e zircone; più raramente si può trovare granato. La clorite, talora molto diffusa, deriva sempre dall'alterazione della biotite.

Studio petrochimico

I campioni analizzati appartengono all'area di affioramento indicata in fig. 1 con limite tratteggiato. Sono stati determinati mediante fluorescenza X (metodo di LEAKE et al., 1968, modificato) i dieci elementi maggiori di 27 campioni. I risultati

TABELLA 2

Composizione media delle rocce in esame riferita ai tipi magmatici

	si	al	fm	c	alk	k	mg
tipo medio	319.11	42.36	21.6	11.41	24.34	0.41	0.58
Farsunditico	300	42	20	15	23	0.25	0.4
Leucoquarzo-dioritico	300	42	17.5	13	27.5	0.25	0.4

delle analisi chimiche sono stati rappresentati per mezzo di una serie di diagrammi, che pongono in relazione variabili diverse. Sono stati calcolati i parametri di Niggli e la base molecolare (tab. 1-2); è stato poi applicato il metodo dell'analisi fattoriale (modo Q e modo R).

La distribuzione dei campioni, messa in evidenza dai diagrammi triangolari, rispecchia l'andamento teorico previsto per rocce a carattere magmatico. Si osserva infatti un equilibrio composizionale tra Ca, Na, K (fig. 2) ed il prevalere della componente alcalina rispetto a Fe e Mg (fig. 3).

Dalle percentuali in ossido dei vari elementi sono stati calcolati la base molecolare ed i parametri magmatici secondo Niggli; da questi è stato possibile risalire ai tipi petrochimici, che individuano un magma con composizione da leucogranitica

a trondjemitica, con un carattere medio riconducibile al tipo leucoquarzodioritico o farsunditico (tab. 2).

Il calcolo della base molecolare ha permesso di individuare tipi sostanzialmente omogenei, caratterizzati da eccesso di Al_2O_3 .

Il diagramma QLM (fig. 4) presenta una distribuzione dei campioni al di sopra

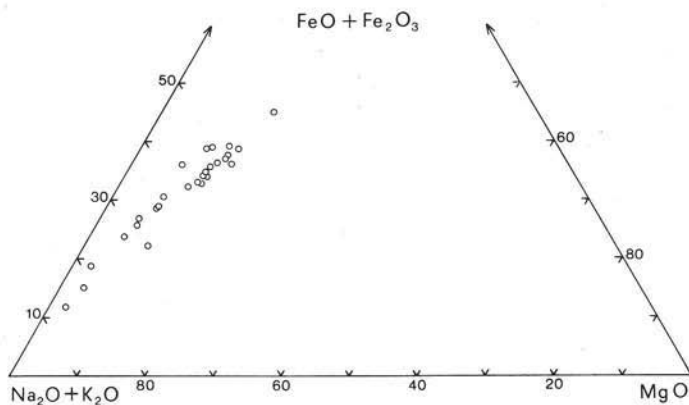


Fig. 2. — Distribuzione dei campioni nel diagramma triangolare $FeO + Fe_2O_3$, $K_2O + Na_2O$, MgO .

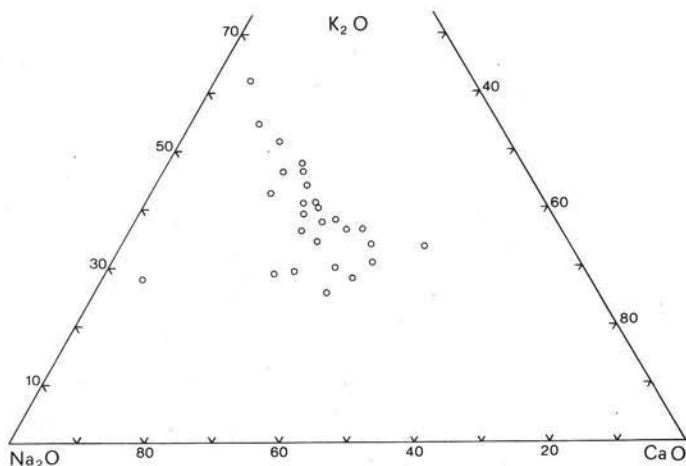


Fig. 3. — Distribuzione dei campioni nel diagramma triangolare K_2O , Na_2O , CaO .

della linea di saturazione; il loro addensarsi lungo l'asse QL indica il prevalere della componente leucocrata su quella melanocrata.

L'applicazione di un metodo di analisi statistica multivariante (analisi fattoriale modo Q e modo R) ai risultati ottenuti dall'analisi chimica, ha confermato le ipotesi tratte dall'esame dei diagrammi precedentemente illustrati. È stato costruito un

diagramma triangolare, ai cui vertici sono posti i tre fattori estratti dall'analisi fattoriale, modo Q (fig. 5). Questi corrispondono agli assi di maggior dispersione dei campioni, e ne rappresentano più del 98 %. La distribuzione dei campioni, abbastanza ravvicinata, dà un'idea della loro omogeneità; in particolare essi tendono

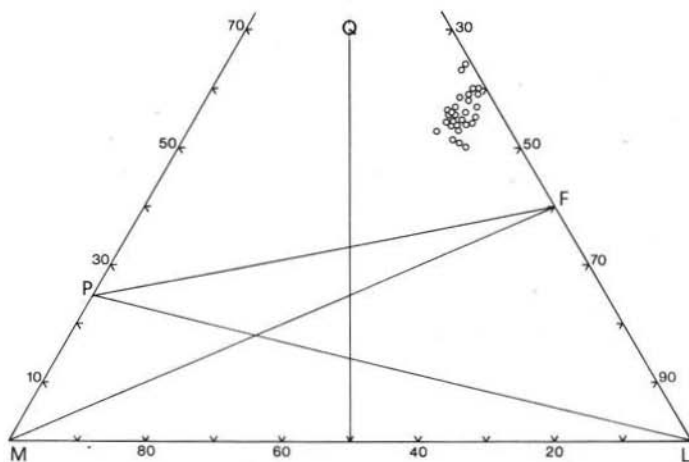


Fig. 4. — Distribuzione dei campioni nel diagramma QLM.

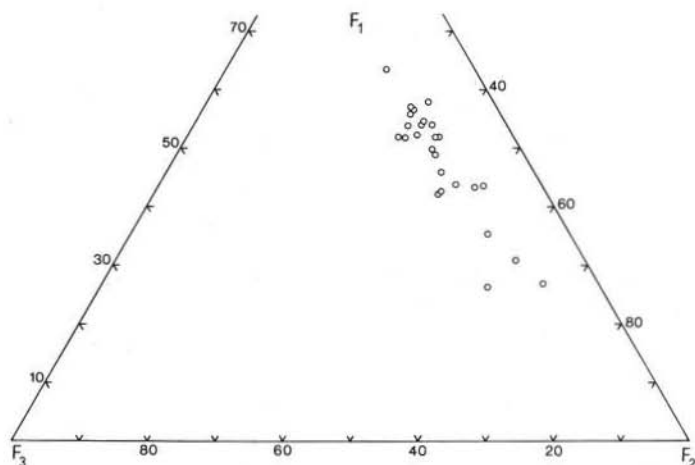


Fig. 5. — Per la spiegazione vedere il testo.

ad addensarsi verso il fattore F_1 , sostanzialmente legato al tenore in SiO_2 , e che rappresenta il 58 % della varianza totale. Al fattore F_2 sono principalmente legati gli alcali; esso rappresenta il 18 % della varianza residua; al fattore F_3 , che rappresenta il rimanente 12 % della varianza totale, sono riconducibili gli elementi

TABELLA 3
Matrice di correlazione

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Al ₂ O ₃	-.503**									
Fe ₂ O ₃	-.760**	-.031								
FeO	-.513**	.008	.390*							
MnO	-.789**	.366*	.633**	.448**						
MgO	-.827**	.079	.870**	.615**	.706**					
CaO	-.841**	.291	.690**	.681**	.592**	.852**				
Na ₂ O	.085	.118	-.341*	-.326*	.015	-.313	-.197			
K ₂ O	.060	.278	-.174	-.234	.104	-.301	-.381*	-.255		
TiO ₂	-.682**	-.081	.907**	.511**	.466**	.832**	.684**	-.364**	-.348*	
P ₂ O ₅	-.847**	.479**	.623**	.523**	.577**	.745**	.896**	-.116	-.273	.639**
Medie	70.23	15.56	2.72	0.99	0.09	1.15	2.31	3.22	3.36	0.42
Dev.St.	2.96	0.90	0.94	0.48	0.03	0.53	0.97	0.56	0.85	0.15

melanocrati. La distribuzione dei campioni all'interno di questi diagrammi mette in evidenza una stretta analogia qualitativa con quella ottenuta nel diagramma QLM.

È stata calcolata la matrice di correlazione tra gli ossidi determinati sui 27 campioni analizzati (tab. 3). È stato indicato, secondo le convenzioni usuali, con un asterisco il livello di significatività del coefficiente di correlazione superiore al 95 % ($r = 0,23$) e con due asterischi quello superiore al 99 % ($r = 0,445$).

Si osserva come SiO₂ si correli negativamente con Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO e CaO, riflettendo quindi quanto già messo in evidenza dalla fig. 2. Correlazione positiva presentano invece Fe₂O₃ con MgO e CaO, e MgO e CaO tra loro, mentre sono ancora correlati negativamente CaO e K₂O.

Le altre correlazioni evidenziate come statisticamente significative risultano comunque scarsamente indicative agli effetti della variazione del chimismo di queste rocce.

Le relazioni tra gli ossidi sono state messe in evidenza anche con il risultato dell'analisi fattoriale, modo R. La loro distribuzione si riferisce ai tre fattori estratti che vengono considerati a coppie in modo da ottenere proiezioni ortogonali. Analizzando la fig. 6, se si considera il diagramma che ha come assi il fattore F₂ ed il fattore F₁, e prendendo quest'ultimo come elemento discriminante di correlazioni positive o negative, si ha modo di osservare molto bene il rapporto antitetico di SiO₂ rispetto a Fe₂O₃, FeO, MgO, TiO₂, CaO, MnO, P₂O₅ ed Al₂O₃, mentre non c'è praticamente correlazione con Na₂O e K₂O.

Le stesse considerazioni valgono per il diagramma che ha come assi cartesiani il fattore F₃ ed il fattore F₁, considerando ancora quest'ultimo come elemento

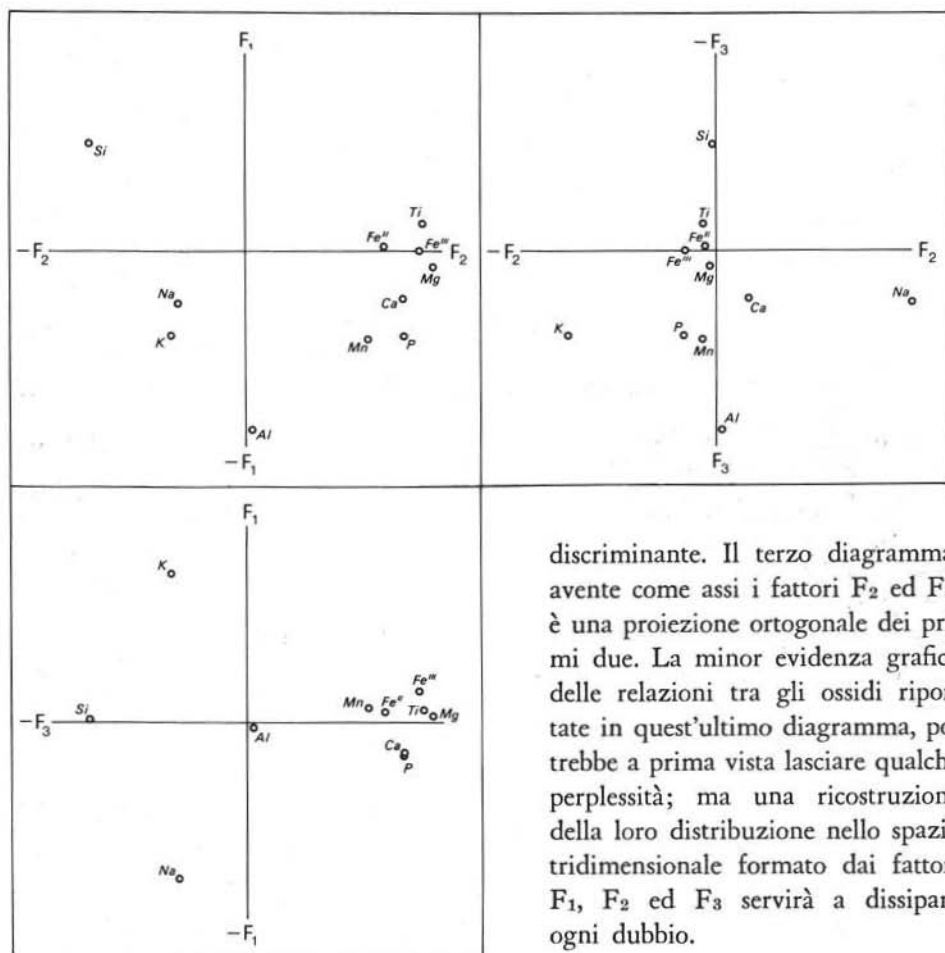


Fig. 6. — Per la spiegazione vedere il testo.

discriminante. Il terzo diagramma, avente come assi i fattori F_2 ed F_3 , è una proiezione ortogonale dei primi due. La minor evidenza grafica delle relazioni tra gli ossidi riportate in quest'ultimo diagramma, potrebbe a prima vista lasciare qualche perplessità; ma una ricostruzione della loro distribuzione nello spazio tridimensionale formato dai fattori F_1 , F_2 ed F_3 servirà a dissipare ogni dubbio.

Conclusioni

I risultati dello studio petrochimico condotto finora sui litotipi granitoidi della «Formazione di Valle Grosina» consentono di definirne il carattere sialico relativamente ricco in calcio e di alcalinità intermedia; la sostanziale omogeneità dei campioni analizzati sottolinea con maggior efficacia il tipo apparentemente magmatico. Tuttavia ci sembra che la situazione di campagna testimoni inequivocabilmente l'origine parametamorfica.

La mancanza di minerali indice non ci ha consentito di definire le esatte condizioni metamorfiche; a questo riguardo si può soltanto dire che, per analogia con gli gneiss minuti associati, di cui è stata riconosciuta la facies delle anfiboliti, subfacies staurolite (CORRADINI et alii, 1973), e per l'associazione paragenetica indi-

viduata (quarzo, K-feldspato, plagioclasio, biotite, orneblenda, granato ed epidoto), gli gneiss granitoidi della « Formazione di Valle Grosina » siano stati interessati da un metamorfismo mediamente profondo.

Ringraziamento. — Gli autori ringraziano la dott.ssa R. BOCCHIO, i dott.ri R. CRESPI, G. LIBORIO, R. POTENZA e il prof. G. SCHIAVINATO per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREATTA C. (1951) - *Il metamorfismo delle formazioni del gruppo dell'Ortler*. Ric. Sci., 21, 190-196.
- ANDREATTA C. (1954) - *La Val di Peio e la catena Vioz-Cevedale: studio geopetrotettonico di una parte del massiccio dell'Ortler*. Acta geol. alp., 5, 1-337.
- BONSIGNORE G. & RAGNI U. (1968) - *Contributo alla conoscenza del Cristallino dell'alta Valtellina e dell'alta Val Camonica. Nota prima: la Formazione della Punta di Pietra Rossa*. Fondaz. probl. montani arco alpino, C.N.R., 73, 39 pp., 1 gm.
- BURRI C. (1964) - *Petrochemical Calculations*. Silvan Press, Jerusalem.
- CERIANI G. C. (1967) - *Metamorfiti e migmatiti dell'alta Valle Grosina (Sondrio)*. Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. cl. sc. (A) 101, 570-587.
- CORRADINI M., NOTARPIETRO A. & POTENZA R. (1973) - *L'assetto geologico degli gneiss di Valle Grosina nell'alta Valtellina (Sondrio, Italia)*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 114, 135-151.
- DAVIS J. C. (1973) - *Statistics and Data Analysis in Geology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- DELL'ORTO G. (1965) - *Ricerche geologico-petrografiche sul versante destro della bassa Valle Grosina (Sondrio)*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 104, 207-233.
- DE MICHELE V. (1963) - *Migmatiti della Val di Sacco (Valle Grosina, Sondrio). Nota preliminare*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 102, 229-242.
- FRANCHI S. (1911) - *Notizie preliminari sulla geologia dell'alta Valtellina*. Boll. Soc. Geol. It., 30, 487-517.
- GORLA L. & POTENZA R. (1975) - *La « Formazione della Punta di Pietra Rossa ». Auct.: Revisione del suo significato nel contesto geologico delle Alpi Centrali*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 177-184.
- LEAKE et alii (1969) - *The chemical analysis of rock powder by automatic X ray fluorescence*. Chem. Geol., 9, 7-86.
- LE MAITRE R. W. (1976) - *The Chemical Variability of some Common Igneous Rocks*. Journ. Petr., 17, 4, 589-637.
- ONDRIK C. W. & SRIVASTAVA G. S. (1970) - *« Corfan-Fortran IV » computer program for correlation, factor analysis (R and Q mode) and varimax rotation*. State geol. Survey Kansas, comp. cont., n. 42.
- PACE F. (1966) - *Studio petrografico dell'alta Val Viola (Sondrio)*. Atti Soc. It. Sc. Nat., 105, 43-60.
- POTENZA R. (1972) - *L'analisi fattoriale come mezzo di studio nei processi metasomatici*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 28, 545-558.
- POZZI R. (1965) - *Schema tettonico dell'alta Valtellina da Livigno al Gruppo dell'Ortles*. Ecl. Geol. Helv., 58, 21-38.
- SCHIAVINATO G. (1948) - *Studi geologico-petrografici sulla regione compresa fra Ponte di Legno, Passo del Tonale e Passo di Gavia in alta Val Camonica. I. Scisti del Tonale*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc., ser. VIII, 4 (6).
- SCHIAVINATO G. (1948) - *Studi geologico-petrografici sulla regione compresa fra Ponte di Legno, Passo del Tonale e Passo di Gavia in alta Val Camonica. II. Formazioni metamorfiche associate agli scisti del Tonale*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc., ser. VIII, 5 (6).

- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Foglio 8 BORMIO. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - *Foglio 19 TIRANO della Carta Geologica d'Italia.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970) - *Foglio 8 BORMIO della Carta Geologica d'Italia.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970) - *Foglio 18 SONDRIO della Carta Geologica d'Italia.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) - *Foglio 19 TIRANO. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia.*
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1971) - *Foglio 18 SONDRIO. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia.*
- SPITZ A. (1919) - *Fragmente zur Tektonik der Westalpen und des Engadins.* I-IV Teil, Verh. geol. R.A.
- STAUB R. (1937) - *Geologische Probleme um die Gebirge zwischen Engadin und Ortler.* Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., 72, 1-115.
- STAUB R. (1946) - *Geologische Karte der Berninagruppe und ihrer Umgebungen im Oberengadin, Bergell, Valmalenco, Puschlav und Livigno.* Beitr. geol. Karte Schweiz, 118.
- STAUB R. (1964) - *Neuere geologische Studien zwischen Bünden und dem oberen Veltlin.* Jahresbericht Naturf. Ges. Graubündens n.f. 90, 113-216.
- WINKLER H. G. F. (1965) - *Petrogenesis of Metamorphic Rocks.* Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.