

## DATI PETROLOGICI E RADIOMETRICI PRELIMINARI SUI MASSICCI CRISTALLINI DELLA LIGURIA OCCIDENTALE

ALDO DEL MORO, GIANCARLO PARDINI

Istituto di Geocronologia e Geochimica Isotopica del C.N.R., via C. Maffi 36, Pisa

BRUNO MESSIGA, MAURA POGGIO

Istituto di Petrografia dell'Università di Genova, corso Europa, Genova

**RIASSUNTO.** — I massicci cristallini che affiorano nella Liguria Occidentale tra Savona e Calizzano mostrano sostanziali differenze, nell'associazione litologica delle rocce costituenti e nella posizione strutturale, che hanno portato ad una loro attribuzione a due distinte Unità tettoniche:

- nell'Unità Calizzano-Savona, i Massicci cristallini di Savona, Pallare, Calizzano e Loano, rappresentano un elemento strutturale sovrascorso sulle sequenze brianzonesi carbonifere e permiane;
- nell'Unità di Mallare, il Massiccio di Barbassiria rappresenta un elemento strutturale più profondo rispetto alle coperture carbonifere e permiane.

Su base litologica, nell'Unità Calizzano-Savona, sono rappresentati complessi di rocce cristalline costituiti in genere da associazioni di gneiss ed anfiboliti e da ortogneiss che presentano sia contatti intrusivi con metamorfiti para-derivate (con tessitura e paragenesi tipiche di rocce di contatto) che strutture da consolidamento di un fuso.

Nell'Unità di Mallare, il Massiccio di Barbassiria, è costituito da rocce granitoidi nelle quali sono di difficile individuazione i caratteri di una cristallizzazione magmatica in condizioni intrusive, gli scisti a contatto inoltre non mostrano aureole metamorfiche di contatto.

I dati radiometrici (Rb-Sr e K-Ar su rocce totali e minerali separati) relativi ai nuclei ortogneissici dell'Unità Calizzano-Savona, puntano ad una loro messa in posto quantomeno eo-ercinica e registrano un evento metamorfico ercinico con età di raffreddamento compreso fra 327 e 297 m.a. circa. Per quanto riguarda l'intrusione del « granito » di Barbassiria, appartenente viceversa all'Unità di Mallare, viene prospettata una età permiana (250 m.a. con isocrona Rb-Sr su concentrati muscovitici) ed un episodio metamorfico di età alpina.

lithological associations and structural position. They have been ascribed to different Tectonic Units: — the Calizzano-Savona Unit, where the Crystalline Massifs (Savona, Pallare and Calizzano) represent a structural element thrust onto Carboniferous and Permian sequences;

- the Pamparato-Murialdo and Mallare Units where the Crystalline massifs (Nucetto, Lisio, Costa Dardella in the former Unit, Barbassiria in the latter) represent a deeper structural element with respect to the carboniferous and permian covers.

The granitic and orthogneissic rocks of the Savona, Calizzano and Pallare Massifs represent a complex of crystalline rocks derived from intrusive lithologies of granitic and granodioritic compositions, in places still preserving intrusive contacts (hornfels) against metasedimentary rocks.

They are peraluminous granites (type S) with compositional characters similar to those of the tertiary calc-alkaline batholiths of North America.

Their formation by crustal anatexis is stressed besides the compositional characters of the associated restitic rocks, mostly constituted by biotite + sillimanite + garnet assemblages, which indicate for a source of pelitic composition.

Following the primary intrusion, these lithologies suffered a metamorphic phase producing recrystallization of biotite, white micas and plagioclase. Growing of fibrolitic sillimanite (in some orthogneiss) and garnet (in some granites) indicates temperature over 550° C, at pressure not exceeding 5 kb., for this event (Amphibolite Facies metamorphism).

The later alpine metamorphism is characterized by low grade conditions (pumpellyite + chlorite + white micas assemblages) at temperature not exceeding 250-300° C, thus allowing the preexisting biotite to behave as a close system during this event.

The absolute age determinations on orthogneiss give values in the range 327-297 ± 5 m.y., resulting from Rb/Sr measurements on biotites and white micas. These ages indicate the metamorphic peak

**ABSTRACT.** — In the Ligurian Alps, between Savona and the Ellero River, different Crystalline Massifs showing substantial differences in their main

reached during the Amphibolite Facies metamorphism of the Hercynian event.

In the Barbassiria Massif acidic lithotypes (granitoids s.l.) outcrop which owing to their anequigranular textures and the granophytic textures of alkali-feldspars can be regarded as effusive or sub-volcanic rocks. They are characterized by abundant feldspars and quartz, whit muscovite. They can be classified as rhyolites according to their modal compositions with an alkaline character, as suggested by the chemical parameters.

Blastomylonitic textures, characterized by K-feldspar porphyroclasts in a fine matrix made of quartz, plagioclase and white micas, is probably due to the alpine deformation, it is accompanied by generation of white micas, in fine aggregates, epidote, pumpellyite, chlorite and albite replacement for K-feldspars.

The alpine reequilibration in Low Grade conditions is also recorded in the Upper Carboniferous sedimentary sequences and in the Permian volcanites that constitute the Unit in which metagranitoids are included.

Apparent ages ranging between  $241 \pm 5$  and  $257 \pm 4$  m.y. result from Rb/Sr measurements on white micas.

This Permian Age is presumably due to muscovite rejuvenation during the alpine metamorphism: it is similar to the age found by BOCQUET and al. (1974) in a gneiss of Sapey, samples coming from Modane Zone.

K-Ar determinations on our Barbassiria samples indicate, accordingly, that the analysed white micas result in a blend of pre-Permian and alpine white micas.

## Introduzione

L'età dei Massicci Cristallini ha sempre rappresentato un problema cruciale e dibattuto fra i ricercatori che si sono interessati dei problemi geologico-strutturali dell'areale savonese delle Alpi Liguri. CONTI (1963) e BELLINI (1963, 1964) considerano le associazioni di gneiss e anfiboliti di età permiana come i prodotti della metasomatosi su sedimenti Carboniferi; considerando il brusco salto di metamorfismo esistente tra anfiboliti e sedimenti permo-carboniferi e la mancanza di passaggi laterali BLOCH (1964 a, b) ne prospetta invece un'età pre-carbonifera.

Anche le attribuzioni di età delle rocce granitiche hanno risentito, per diverso tempo, delle interpretazioni genetiche metasomatiche; in generale una loro origine da processi metasomatici per migmatizzazione di sedimenti carboniferi avvenuta nel Permiano è stata sostenuta anche in tempi recenti (VANOSSI, 1974).

La Carta Geologica d'Italia II Ed. nei fogli 81, 82, 92-93 (1970) distingue, su

base cronologica, nell'ambito dei Massicci Cristallini Liguri, due principali gruppi di litotipi:

- Graniti del Torrente Letimbro e Migmatiti di Nucetto di età permiana;
- Gneiss di Albisola, Anfiboliti di Monte Spinarda e Graniti di Sanda di età anteriore al Carbonifero Medio.

Solo recenti lavori, sostenuti da nuove osservazioni petrografiche, meso- e micro-strutturali, hanno permesso di riconoscere strutture e tessiture magmatiche nelle rocce granitiche ed una storia metamorfica polifasica pre-alpina nelle associazioni di gneiss e anfiboliti (GALLI et al., 1978; MESSIGA, 1981).

Questo lavoro si propone di fornire nuovi dati petrologici e geocronologici sulle rocce dell'areale savonese delle Alpi Liguri, di evidenziare un'origine anatettica per le rocce granitiche e di fornire un primo inquadramento geocronologico di alcuni dei litotipi più significativi dei Massicci Cristallini.

## Metodologie

In questo lavoro sono stati presi in considerazione graniti ed ortogneiss dei Massicci di Savona, Calizzano e Pallare, paragneiss del Massiccio di Savona e metagranitoidi blastomylonitici del Massiccio di Barbassiria (definiti sulla Carta Geol. d'It. II ed. come Graniti del Torrente Letimbro, Migmatiti di Nucetto, Gneiss di Albisola e Graniti di Sanda (1)).

Lo studio petrografico è stato eseguito con analisi microstrutturali qualitative in sezione sottile, con analisi modali e analisi chimiche degli elementi maggiori. I dati petrografici e la discussione petrologica riguardano le rocce granitiche ed ortogneissiche ed i metagranitoidi blastomylonitici, mentre per le anfiboliti ed i paragneiss si rimanda a precedenti lavori (CIMMINO et al., 1981; MESSIGA, 1981).

Anche se le rocce dei Massicci Cristallini Liguri mostrano frequentemente una sovrapposizione metamorfica alpina con associazioni paragenetiche caratterizzate dalla presenza di

(1) Con il termine ortogneiss si indicano ortoderivati metamorfici da rocce acide intrusive; con il termine granitoidi blastomylonitici si indicano ortoderivati metamorfici da litotipi acidi prevalentemente effusivi.

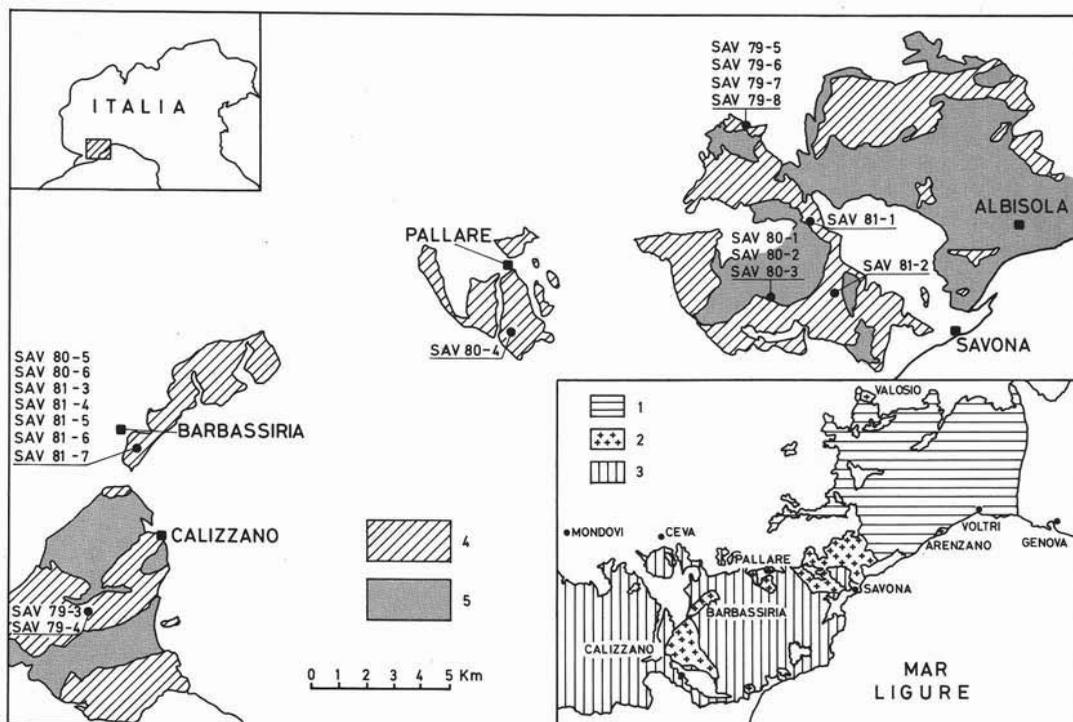


Fig. 1. — Schema geologico semplificato dell'areale Savonese delle Alpi Liguri e carta della localizzazione dei campioni analizzati. - 1) Gruppo di Voltri (calcescisti e meta-ofioliti mesozoiche); 2) Massicci cristallini (graniti, gneiss ed anfiboliti paleozoici); 3) Metavulcaniti e sequenze meta-sedimentarie post-westphaliane; 4) Ortogneiss (nei Massicci di Savona, Pallare, Calizzano) e granitoidi blastomilonitici (nel Massiccio di Barbassiria); 5) Sequenze di gneiss ed anfiboliti.

anfibolo sodico (MESSIGA et al., 1978, con bibliografia), in questo studio sono stati presi in esame solo i litotipi nei quali tali fenomeni sono poco sviluppati.

Lo studio radiometrico è stato effettuato prevalentemente con il metodo del Rb/Sr, applicato sia a « rocce totali » sia a minerali separati. Sono state inoltre eseguite tre determinazioni K/Ar di verifica su concentrati micacei. Le procedure analitiche adottate sono quelle standard; per il calcolo delle età sono state usate le seguenti costanti di decadimento: per il  $^{87}\text{Rb}$ ,  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$  anno $^{-1}$ ; per il  $^{40}\text{K}$ ,  $\lambda_e = 0,581 \cdot 10^{-10}$  anno $^{-1}$  e  $\lambda_\beta = 4,96 \cdot 10^{-10}$  anno $^{-1}$  (STEIGER, JÄGER, 1977).

I campioni studiati ed i relativi dati radiometrici ottenuti, verranno presentati a gruppi secondo la loro pertinenza strutturale e la loro associazione litologica.

### Aspetto regionale

Riassumendo i dati, prevalentemente geologici, disponibili nella letteratura (CERRO et al., 1969; MESSIGA et al., 1978; VANOSI, 1980, con la bibliografia in essi riportata), si può affermare che nelle Alpi Liguri, tra la regione di Savona ed il fiume Ellero, i vari Massicci Cristallini mostrano sostanziali differenze nell'associazione litologica fondamentale e nella loro posizione strutturale e sono quindi attribuibili a diverse unità tettoniche:

- nell'Unità Calizzano-Savona, i Massicci di Savona, Pallare e Calizzano rappresentano un elemento strutturale sovrascorso sulle sequenze Carbonifere e Permiane;
- nell'Unità di Pamparato-Murialdo, i Massicci di Nucetto, Lisio, Costa Dardella e nell'Unità di Mallare il Massiccio di Barbassiria rappresentano gli elementi strut-

turali più profondi rispetto alle coperture Carbonifere e Permiane.

Queste relazioni fra basamento e copertura nelle diverse Unità sono dovute al loro coinvolgimento nella orogenesi alpina. Come già evidenziato da BLOCH (1964 a, b) i Massicci di Calizzano, Savona e Pallare sono caratterizzati dalla presenza di paragneiss ed anfiboliti accanto alle rocce granitiche ed ortogneissiche mentre il Massiccio di Barbassiria è rappresentato esclusivamente da granitoidi blastomilonitici.

In fig. 1 è riportata, accanto ad una mappa regionale dell'areale savonese delle Alpi Liguri, una carta con la localizzazione dei campioni esaminati in questo lavoro.

### Caratteri petrografici

#### I MASSICCI DI SAVONA-CALIZZANO-PALLARE

L'assetto strutturale predominante all'interno dei Massicci di Savona e di Calizzano è costituito da masse di anfiboliti e gneiss separate, da contatti tettonici, dalle masse granitiche ed ortogneissiche; non sono state infatti ancora individuate evidenti relazioni intrusive tra i graniti e le sequenze di gneiss ed anfiboliti. Per quanto concerne le rocce gneissiche in generale, i paragneiss sono associati alle anfiboliti, mentre gli ortogneiss compaiono come fasce entro le masse granitiche e costituiscono inoltre la maggior parte del piccolo Massiccio di Pallare.

Le rocce granitiche e gli ortogneiss conservano relazioni con zone migmatitiche e contatti intrusivi con parascisti.

#### Graniti ed Ortogneiss

Sono descritte sotto questo titolo le rocce che mostrano, sulla base dei parametri composizionali e dei caratteri tessiturati e strutturali, una loro derivazione da rocce intrusive granitiche. Il termine « ortogneiss » è giustificato in quanto si tratta di rocce che hanno subito, dopo la cristallizzazione magmatica, un evento metamorfico che ha prodotto deformazioni e parziali ricostruzioni della paragenesi originaria con iso-orientazione nei minerali, associata a ricristallizzazione. Strutture magmatiche sono comunque ancora conservate in alcuni affioramenti nei Massicci di Savona e Calizzano.

In questi casi si riconoscono rocce anequi-

granulari con grossi feldspati euedrali e contenenti plagioclasio, mica bianca e biotite, mentre i litotipi a grana fine sono in genere equigranulari con plagioclasio, mica bianca e biotite idiomorfi rispetto a K-feldspato e quarzo.

I litotipi più deformati mostrano una tessitura occhiadina generalmente grossolana caratterizzata da grossi individui di microclino, da aggregati lepidoblastici di miche ricristallizzate e da bande nastriformi di quarzo.

In tutti i litotipi fra gli accessori sono diffusi apatite, zircone e granato; negli ortogneiss del Massiccio di Pallare compare con frequenza sillimanite fibrolitica.

Gli intervalli di variazione modale di queste rocce sono riportati in tab. 1, le composizioni sono variabili da granodioritiche a tonalitico-trondhjemitiche, secondo la classificazione IUGS (1973).

#### Gneiss ed anfiboliti

Come già messo in evidenza in un precedente lavoro (MESSIGA, 1981) la sequenza di gneiss ed anfiboliti si presenta in bande intercalate e la forma degli affioramenti è caratterizzata da fasi sovrapposte di piegamento con assi fortemente inclinati.

Sia anfiboliti che gneiss presentano una certa uniformità di caratteri nei differenti massicci.

Le rocce gneissiche contengono sovente intercalazioni di micascisti e la loro origine sedimentaria è testimoniata dalla loro composizione mineralogica. Sono caratterizzati infatti da una notevole abbondanza di miche (biotite e muscovite), da cianite, sillimanite, staurolite, granato e dall'assenza di K-feldspato. I caratteri microstrutturali consentono di evidenziare la successione di due paragenesi: la prima a granato + staurolite + cianite + mica b. (I) ± sillimanite ± biotite (I); la seconda a biotite (II) + miche b. (II) + plagioclasio + sillimanite fibrolitica.

Le anfiboliti sono costituite da due tipi litologici principali: le anfiboliti a granato e le anfiboliti a plagioclasio; si tratta in genere di rocce con tessiture a bande e con un chimismo basaltico (CIMMINO et al., 1976). Le principali paragenesi ricostruite sulla base delle relazioni microstrutturali sono: granato + zoisite + rutilo + Na-clinopirosseno

TABELLA 1

*Intervalli di variazione della composizione modale nei campioni analizzati*

	UNITA' DI MALLARE	UNITA' DI CALIZZANO-SAVONA	
	Metagranitoidi	Ortogneiss granodioritici	Ortogneiss
quarzo	36.6 - 51.3	29.5 - 33.4	31.9 - 49.7
K-feldspato	22.4 - 37.9	1.2 - 8.4	8.4 - 19.5
plagioclasio	1.8 - 10.8	36.7 - 46.7	18.3 - 37.2
biotite	- 0.1	10.4 - 21.6	0.1 - 14.2
mica bianca	5.5 - 14.5	4.6 - 7.2	0.9 - 23.5
albite su K-feldspato	1.5 - 15.3	---	---
pumpellyite	- 0.4	- 0.4	- 0.5
epidoto	0.3 - 1.2	---	---

(individuabile sulla base di pseudomorfo di orneblenda e plagioclasio symplectitici) nelle anfiboliti a granato; orneblenda verde + plagioclasio + epidoto + titanite, nelle anfiboliti a plagioclasio.

#### *Rocce paraderivate*

Le cornubianiti, formatesi durante l'intrusione delle rocce granitiche, costituiscono corpi di dimensioni notevoli a volte inglobati nelle masse granitiche. Tali rocce sono costituite da alternanze abbastanza eterogenee, di origine sedimentaria, con composizioni variabili da quarziti micacee a peliti fino a grovacche. I contatti con il granito sono netti e discordanti rispetto alla stratificazione e sono sovente tagliate da filoni a composizione aplitica. Riferendoci ai soli minerali caratterizzanti la attuale paragenesi, sono costituite da: biotite e/o mica b. + cianite + staurolite + granato  $\pm$  sillimanite.

Nelle migmatiti il paleosoma mostra una struttura finemente granoblastica e costituito esclusivamente dai minerali restitici. Il leucosoma, che rappresenta in genere il 35-40 % della roccia, ha una composizione quarzoso-feldspatica con strutture granulari e contiene frequentemente frammenti di paleosoma parzialmente dissolti. Le deformazioni interessano sia il paleosoma che il neosoma con pieghe di tipo ptigmatico e sovente convolute.

I minerali che costituiscono la frazione

restitica delle migmatiti sono: biotite, sillimanite, granato.

#### IL MASSICCIO DI BARBASSIRIA

Il Massiccio costituisce un nucleo di rocce cristalline con contatti tettonici sia con i sedimenti carboniferi che con i porfiroidi sovrastanti. In esso sono rappresentate esclusivamente rocce cristalline acide con aspetto blastomilonitico molto chiare a grana in genere media. Negli affioramenti vi sono comunque delle alternanze tra litotipi a grana fine e a grana più grossolana, nei quali le miche più grandi sottolineano una scistosità più marcata.

#### *Granitoidi blastomilonitici*

Cartografati come graniti del Torrente Letimbro sulla CGI se ne discostano fortemente per la composizione mineralogica e per i caratteri meso- e micro-strutturali. Si tratta in genere di rocce leucocratiche con abbondanti feldspati, quarzo e con muscovite. La loro composizione modale li colloca nel campo delle rocce granitiche, secondo la classificazione IUGS (1973) (tab. 1).

La tessitura blastomilonitica, caratterizzata da porfiroclasti di K-feldspato in una matrice quarzosa con plagioclasio e mica bianca, è probabilmente dovuta alle deformazioni alpine, in quanto è accompagnata da blastesi di mica bianca in fini aggregati, epidoto, clorite e da sostituzione di albite su K-feldspato.

In essi non si individuano i caratteri di una cristallizzazione magmatica in condizioni intrusive e gli scisti a contatto non mostrano aureole metamorfiche.

#### **Microstrutture ed evoluzione metamorfica**

Le microstrutture tipiche delle rocce intrusive sono ancora riscontrabili in graniti ed ortogneiss; a parte le relazioni di idiomorfismo tra i minerali, il plagioclasio mostra zonature composizionali con nuclei più ricchi in anortite, il feldspato potassico conserva microstrutture pertitiche costituite sia da piccoli individui eudrali che da bande intrecciate di plagioclasio albitico. Le mirmechiti sono pure frequenti, compaiono lungo i contatti tra K-feldspato e plagioclasio e pos-

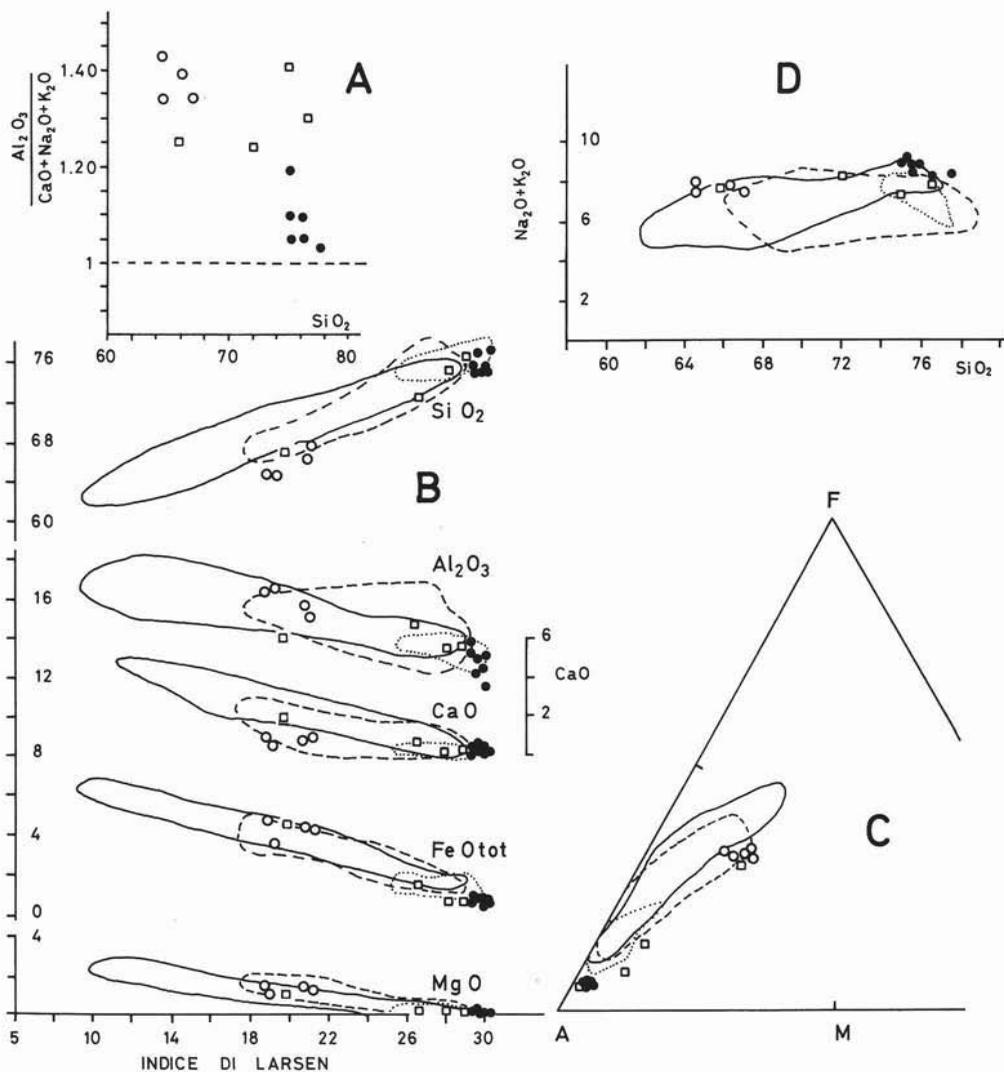


Fig. 2. — Diagrammi di variazione dei parametri chimici fondamentali nelle rocce esaminate: Unità di Calizzano-Savona: ○ ortogneiss granodioritici, □ ortogneiss; Unità di Mallare: ● granitoidi blastomilonitici di Barbasiria. Nella figura sono pure riportati: — Metagranitoidi austroalpini (BORSI et al., 1980); - - - Porfiroidi del Comelico (SASSI et al., 1979); ..... Gneiss chiari di Valduggia e del Luganese (BORIANI e COLOMBO, 1979).

sono essere imputate anche ad una origine secondaria.

L'aspetto più evidente dell'evento metamorfico che ha prodotto gli ortogneiss è testimoniato dalla ricristallizzazione delle miche: sono infatti frequenti porfiroclasti allungati di biotite e di mica bianca deformati con kink-bands circondati da piccoli granuli di seconda generazione. Pure nelle ombre di pressione dei grossi individui di mica (I) si

ha blastesi di nuove miche. Sovente nei porfiroclasti di biotite, lungo i piani (001) si ha la ricristallizzazione di biotite (II) in piccoli individui non orientati. Quando la deformazione diviene più accentuata i fillosilicati appaiono concentrati in sottili bande nelle quali gli individui di biotite (II) e di muscovite (II) presentano contorni rettilinei con punti tripli. La sillimanite fibrolitica si rinviene in queste bande come minerale neo-

TABELLA 2

Analisi chimica, degli elementi maggiori, dei campioni studiati. Nella tabella compare anche l'analisi del campione SAV 79-3, non studiato radiometricamente

Campioni Ossidi	UNITA' DI MALLARE							UNITA' DI CALIZZANO SAVONA							
	Metagranitoidi di Barbassiria							Ortogneiss granodioritici				Ortogneiss			
	SAV 80-5	SAV 80-6	SAV 81-3	SAV 81-4	SAV 81-5	SAV 81-6	SAV 81-7	SAV 79-5	SAV 79-6	SAV 79-7	SAV 79-8	SAV 80-4	SAV 81-1	SAV 81-2	SAV 79-3
SiO <sub>2</sub>	75.16	75.38	75.95	77.49	75.49	75.46	76.54	64.51	64.52	66.10	67.06	72.18	76.60	75.15	65.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.33	12.96	12.76	11.56	13.19	13.77	12.23	16.39	16.30	15.69	15.04	14.74	13.54	13.94	15.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60	0.57	0.58	0.58	0.59	0.56	0.58	5.15	4.98	4.68	4.49	1.50	0.51	0.72	4.64
CaO	0.22	0.22	0.20	0.21	0.20	0.25	0.49	0.95	0.61	0.68	0.74	0.55	0.19	0.21	0.93
MgO	0.09	0.09	0.07	0.06	0.05	0.12	0.11	1.60	1.58	1.41	1.21	0.53	0.05	0.37	1.51
Na <sub>2</sub> O	3.63	3.52	3.29	3.19	3.47	3.39	3.13	3.46	3.30	2.73	2.85	3.33	3.48	2.99	3.42
K <sub>2</sub> O	5.33	5.63	5.43	5.16	5.50	5.12	5.23	4.48	4.49	5.14	4.81	5.02	4.01	4.27	4.33
MnO	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.08	0.08	0.08	0.06	0.04	0.02	0.02	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.13	0.18	0.35	0.17	0.06	0.35	0.31	0.27	0.18	0.24	0.26	0.13	0.22	0.37
TiO <sub>2</sub>	0.13	0.12	0.11	0.10	0.16	0.17	0.18	0.64	0.58	0.16	0.15	0.40	0.10	0.22	0.58
LOI	1.20	1.25	1.18	1.16	1.09	1.02	1.15	2.44	2.97	2.94	3.08	1.48	1.33	1.84	2.82
tot	99.87	99.89	99.78	99.89	99.94	99.94	100.01	100.01	99.68	99.79	99.73	99.97	99.96	99.95	99.61

blastico.

Il feldspato potassico ha un comportamento fragile e viene ruotato passivamente durante la deformazione dando luogo a microstrutture occhiate; nelle ombre di pressione ricristallizzano in genere quarzo e plagioclasio.

Nelle rocce francamente granitiche, poco deformate, si formano sottili corone di granato attorno alle biotiti quando sono al contatto con il plagioclasio.

Al metamorfismo alpino sono ascrivibili solo effetti secondari; sono infatti frequenti fenomeni di saussuritizzazione dei plagioclasti mentre, solo in alcuni casi, si ha cloritizzazione delle biotiti o blastesi di pumpellyite e miche bianche, in sottili aggregati, per reazioni tra il plagioclasio e la biotite.

Nei granitoidi blastomilonitici invece non sono più riscontrabili microstrutture primarie a causa delle deformazioni e delle trasformazioni metamorfiche subite: solo i porfiroclasti di K-feldspato conservano ancora strutture di tipo granofirico. Il carattere blastomilonitico è messo in evidenza da una matrice fine a quarzo, feldspato e mica bianca che ingloba i porfiroclasti di K-feldspato. Gli individui di K-feldspato si fratturano secondo i piani subparalleli alla scistosità e i frammenti scivolano lungo tali piani dando luogo ad individui allungati; quarzo e albite ricristallizzano nelle ombre di pressione e suturano anche le fratture dei porfiroclasti. Le miche

bianche vengono deformate plasticamente e vengono sostituite, in parte da fini aggregati di miche bianche (II), sia lungo i bordi che lungo i piani (001).

Altri minerali neoformati sono l'albite che sostituisce il K-feldspato, l'epidoto pistacchico che cresce con nuclei allanitici e la clorite che si forma a spese della mica bianca (I).

### Chimismo

Dal punto di vista chimico tutte le rocce analizzate possono essere definite come graniti per-alluminosi (secondo la definizione di SHAND, 1972) con un rapporto A/CNK maggiore di 1. Gli ortogneiss e i graniti dell'Unità Calizzano-Savona possono inoltre essere definiti graniti di tipo S (secondo la definizione di CHAPPEL e WHITE, 1974) in quanto in essi tale rapporto supera il valore di 1,1 (tab. 2).

In fig. 2 sono rappresentati i trends di variazione dei caratteri chimici fondamentali, ma una loro rigorosa classificazione non è però possibile a causa del modesto intervallo di variazione della composizione globale, per mancanza di termini poco differenziati e per la non dimostrata comagmaticità delle rocce. Occorre anche notare che i caratteri petrologici e i dati geocronologici non mettono in evidenza relazioni di comagmaticità tra i graniti e gli ortogneiss dell'Unità Calizzano-Savona e i granitoidi blastomilonitici del Massiccio di Barbassiria.

TABELLA 3

Dati analitici Rb/Sr dei granitoidi blastomilonitici di Barbassiria - Unità di Mallare

Campione	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	ETA' + 1 $\sigma$ m. a.	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	
SAV 80-5	RT	364	11.7	92.48	1.0119 $\pm$ 7	(257 $\pm$ 4)	(0.6744 $\pm$ 76)
	M	1579	3.0	3304.86	12.7349 $\pm$ 700		
	KF	694	19.2	107.80	1.0152 $\pm$ 2		
SAV 80-6	RT	253	30.8	23.93	0.7847 $\pm$ 2	(243 $\pm$ 4)	(0.7323 $\pm$ 75)
	KF	492	47.0	30.50	0.7861 $\pm$ 3		
SAV 81-3	RT	380	11.5	98.80	1.0743 $\pm$ 2	(246 $\pm$ 4)	(0.6627 $\pm$ 98)
	M	1968	4.7	2043.00	7.8038 $\pm$ 59		
	KF	547	17.0	96.56	1.1020 $\pm$ 5		
	Pl	119	12.5	28.43	1.0406 $\pm$ 4		
SAV 81-4	RT	363	8.8	124.04	1.0974 $\pm$ 7	(241 $\pm$ 5)	(0.7089 $\pm$ 18)
	M	1341	4.1	1397.96	5.5619 $\pm$ 61		
	KF	689	12.4	166.87	1.1233 $\pm$ 5		
SAV 81-5	RT	392	6.4	188.93	1.3474 $\pm$ 15	(246 $\pm$ 4)	(0.7205 $\pm$ 16)
	M	1802	3.2	3951.22	14.9882 $\pm$ 166		
	KF	713	10.1	217.10	1.3119 $\pm$ 4		
SAV 81-6	RT	255	35.6	20.89	0.7806 $\pm$ 3	(246 $\pm$ 4)	(0.7205 $\pm$ 16)
	M	894	28.5	93.71	1.0307 $\pm$ 6		
	KF	492	52.7	27.20	0.7825 $\pm$ 2		
SAV 81-7	RT	253	36.7	20.06	0.7907 $\pm$ 5	(246 $\pm$ 4)	(0.7205 $\pm$ 16)
	M	996	6.6	517.04	2.5304 $\pm$ 20		
	KF	520	47.2	32.20	0.7959 $\pm$ 2		
	Pl	71	45.4	4.55	0.7836 $\pm$ 1		

RT = roccia totale; M = mica chiara; KF = feldspato potassico; Pl = plagioclasio.

Gli andamenti in figura, per le rocce dell'Unità Calizzano-Savona, sono sostanzialmente uguali a quelli osservati nei batoliti calco-alcalini terziari del Nord-America e cadono nel campo definito dai meta-granitoidi austroalpini dell'Ordoviciano (PECCERILLO et al., 1979, con bibliografia).

Le rocce del Massiccio di Barbassiria invece mostrano parametri chimici molto simili ed un chimismo di tipo alcali-riolitico (vedere fig. 2) e cadono nel campo degli Gneiss Chiari a composizione riolitica descritti da BORIANI e COLOMBO (1979).

### Dati geocronologici

#### GRANITOIDI BLASTOMILONITICI DI BARBASSIRIA

I sette campioni di « roccia totale » analizzati, nonostante siano stati raccolti in un'area ristretta, sono caratterizzati da una marcata variazione del rapporto Rb/Sr, che si mantiene comunque su valori relativamente alti (7÷61) riflettenti la mineralogia di

questi granitoidi che è ricca di termini alcalini (tab. 3). Come si può vedere nel diagramma dell'isocrona di fig. 3, i campioni analizzati non risultano perfettamente alli-

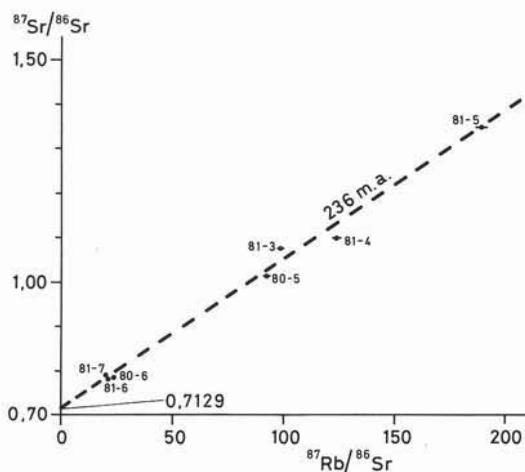


Fig. 3. — Retta dei minimi quadrati costruita con i campioni dei granitoidi blastomilonitici del Massiccio di Barbassiria.

TABELLA 4  
Dati analitici K/Ar

Campione	K%	$^{40}\text{Ar}$ rad ml/gr	$t$ $^{40}\text{Ar}$ rad	Età + 1 $\sigma$ m.a.
Unità di Calizzano-Savona				
SAV 79-8	7.01	$8.87 \cdot 10^{-5}$	94	$293 \pm 15$
Unità di Mallare				
SAV 80-5	8.37	$8.20 \cdot 10^{-5}$	98	$231 \pm 2$
SAV 81-5	8.37	$8.58 \cdot 10^{-5}$	97	$241 \pm 3$

neati, ma sono dispersi intorno ad una retta isocrona di riferimento, costituita con gli stessi, che esprime un'età di 236 m.a., ma che è priva di alcun significato geologico. Questo diagramma mette in evidenza un comportamento a sistema aperto dei campioni analizzati nei confronti del Rb e/o dello Sr, comportamento che ha vanificato il tentativo di definire l'età della loro messa in posto.

Estendendo l'indagine ai minerali fondamentali si può accertare che i feldspati sono i maggiori responsabili del disturbo del sistema Rb/Sr di queste rocce. Infatti, i punti rappresentativi dei concentrati di feldspato potassico (cerchi pieni) ricalcano, nel diagramma dell'isocrona di fig. 4, le posizioni coperte in fig. 3 dalle « rocce totali » corrispondenti, il cui comportamento risulta pertanto controllato da questo minerale. Lo stesso diagramma mostra che anche il plagioclasio (triangoli pieni) non è stato un sistema chimico-isotopico chiuso, ma anzi ha

sofferto in misura maggiore lo stesso evento che ha agito sul K-feldspato. L'apertura del sistema delle rocce totali ha ovviamente dei riflessi erronei anche nelle determinazioni delle età radiometriche delle singole miche chiare, calcolate con isocrone a due punti (roccia totale + mica), che variano da 241 a 257 m.a. e che sono corredate talora da valori irreali per quanto concerne il rapporto isotopico iniziale dello Sr. (tab. 3). Da questa constatazione è derivata l'opportunità di costruire una retta isocrona utilizzando esclusivamente le miche chiare (fig. 5). Come si può notare, è stato ottenuto un perfetto allineamento dei punti rappresentativi delle musco-

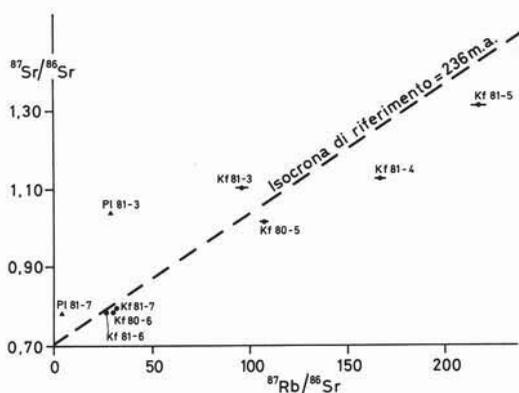


Fig. 4. — Diagramma  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  contro  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  con i granitoidi blastomilonitici di Barbassiria. Il K-feldspato è contrassegnato da un cerchio, il plagioclasio da un triangolo.

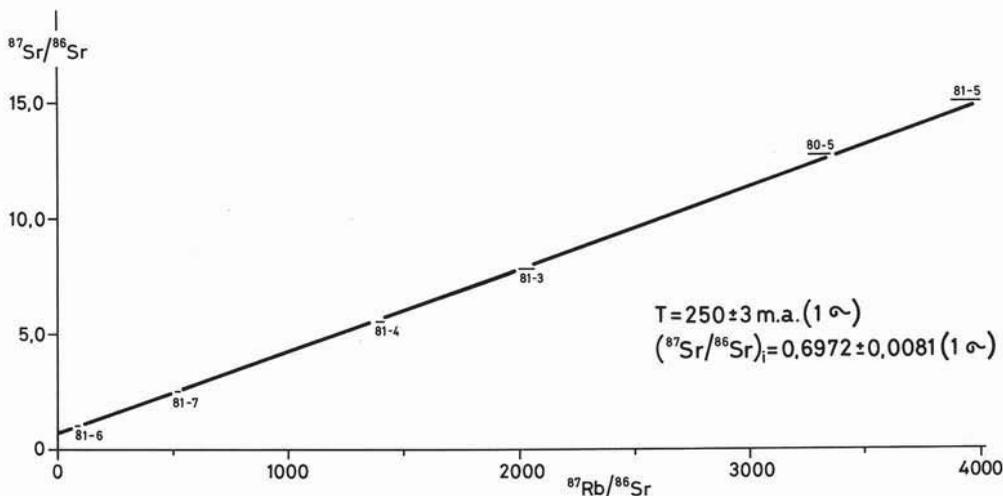


Fig. 5. — Isocrona delle miche chiare dei granitoidi di Barbassiria.

TABELLA 5  
Dati analitici Rb/Sr degli ortogneiss dell'Unità Calizzano-Savona

Campione	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Età $\pm 1\sigma$ m.a.	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$
Ortogneiss granodioritici						
SAV 79-5 RT	129	174	2.15	0.7248 $\pm$ 2		
M	216	27.4	23.11	0.8507 $\pm$ 23	(422 $\pm$ 11)	(0.7119 $\pm$ 4)
	215	26.8	23.57	0.8552 $\pm$ 16	(427 $\pm$ 9)	(0.7117 $\pm$ 4)
B	484	11.8	125.57	1.2808 $\pm$ 25	317 $\pm$ 5	0.7151 $\pm$ 3
SAV 79-6 RT	143	73	5.69	0.7299 $\pm$ 4		
M	218	23.5	27.30	0.8631 $\pm$ 6	(435 $\pm$ 9)	(0.6948 $\pm$ 10)
SAV 79-7 RT	206	102	5.87	0.7297 $\pm$ 2		
B	509	7.6	212.51	1.6443 $\pm$ 20	311 $\pm$ 5	0.7037 $\pm$ 6
SAV 79-8 RT	172	91	5.44	0.7288 $\pm$ 3		
M	239	19.7	35.79	0.9077 $\pm$ 13	(414 $\pm$ 8)	(0.6967 $\pm$ 9)
B	414	8.6	147.89	1.3316 $\pm$ 42	297 $\pm$ 5	0.7058 $\pm$ 6
Ortogneiss						
SAV 81-1 RT	102	95	3.12	0.7307 $\pm$ 2		
M	416	21.2	58.37	0.9877 $\pm$ 13	327 $\pm$ 5	0.7162 $\pm$ 4
SAV 81-2 RT	152	38	11.59	0.7711 $\pm$ 4		
M	556	5.7	324.55	2.1967 $\pm$ 24	320 $\pm$ 5	0.7183 $\pm$ 12
SAV 80-4 RT	188	108	5.08	0.7391 $\pm$ 4		
M	450	13.4	101.37	1.1654 $\pm$ 18	311 $\pm$ 5	0.7166 $\pm$ 7
B	849	6.8	431.59	2.6458 $\pm$ 20	314 $\pm$ 5	0.7164 $\pm$ 7
KF	282	198	4.13	0.7367 $\pm$ 2		
SAV 79-4 B	548	5.9	303.83	2.1197 $\pm$ 8	325 $\pm$ 5	0.7141 $\pm$ 3
KF	184	270	1.98	0.7233 $\pm$ 2		

RT = roccia totale; M = muscovite; B = biotite; KF = feldspato potassico.

viti analizzate e questo dà garanzia sull'attendibilità del risultato conseguito.

Nel caso specifico, ignorando la  $T$  presente durante il metamorfismo, ma tenendo conto del possibile ringiovanimento di tutte le miche esaminate durante il metamorfismo alpino, i 250 m.a. sono da considerare genericamente come l'età minima di solidificazione dei «graniti» di Barbassiria. L'indicazione che queste rocce siano state influenzate dal metamorfismo alpino deriva da due determinazioni K/Ar sulla muscovite dei campioni SAV 80-5 e SAV 81-5 (tab. 4), il cui risultato è inferiore a quello ottenuto col metodo Rb/Sr, spostato verso valori di età alpina.

Un'altra causa che potrebbe aver prodotto un apparente «ringiovanimento» dell'età Rb/Sr è costituita dalla possibilità che i concentrati muscovitici analizzati rappresentino la miscela di due generazioni di mica,

come lo studio petrografico attesta, per cui una pur minima presenza del componente più recente ha potuto dar luogo ad un abbassamento dell'età originaria.

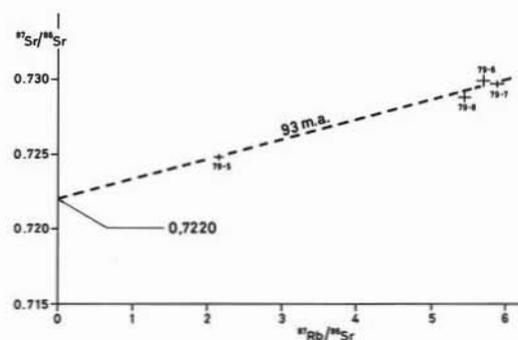


Fig. 6. — Retta dei minimi quadrati costruita con gli ortogneiss granodioritici dell'Unità Calizzano-Savona.

## ORTOGNEISS DELL'UNITÀ CALIZZANO-SAVONA

La tab. 5 comprende i dati analitici delle rocce studiate ed appartenenti all'Unità Calizzano-Savona. Consideriamo qui quattro campioni di ortogneiss granodioritici (Graniti di Sanda, secondo la C.G.I.), legati geneticamente, molto simili dal punto di vista chimico-petrografico e che dal punto di vista microstrutturale si presentano poco deformati. Constatiamo dal diagramma  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  contro  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (fig. 6), l'impossibilità di ottenere un'isocrona significativa. L'età apparente di 93 m.a. denota, anche in questo caso, un comportamento a sistema aperto per il Rb e/o lo Sr delle rocce analizzate. Questo comportamento che non è frequente per rocce di natura intrusiva (come quelle in esame), viene in genere attribuito agli effetti di un processo di attività idrotermale oppure a quelli di un'intensa azione deformativa connessa con un disturbo tettonico. Ciò premesso, tenendo presente che questi ortogneiss sono di norma a tessitura cataclastica, l'ipotesi più immediata è quella di attribuire la causa dell'apertura del sistema Rb/Sr di queste rocce agli effetti di una deformazione post-intrusiva. Il dissesto chimico-isotopico delle rocce ha impedito di ottenere risultati attendibili anche per i concentrati muscovitici, poichè il vero valore della composizione isotopica dello stronzio di correzione risulta falsato. Per questo motivo l'età delle muscoviti sono del tutto apparenti, così come lo sono i rapporti isotopici iniziali dello Sr (<sup>2</sup>) (quelli relativi al momento dell'ultimo riarrangiamento isotopico nelle muscoviti) che infatti sono risultati talvolta estremamente bassi raggiungendo dei valori irreali (tab. 5). In un diagramma  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  -  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (fig. 7), le muscoviti analizzate forniscono un'età di  $315 \pm 41$  m.a. e un valore di  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,7455 \pm 0,0161$ . Questi dati, anche se solamente indicativi, sono molto interessanti poichè ci suggeriscono che le muscoviti, durante il loro metamorfismo ercinico (all'incirca 315 m.a. fa), sono ricristallizzate in sistemi che possedevano rapporti isotopici diversi dal momento che i punti rappresentativi delle stesse sono dispersi lungo la miglior retta oltre l'incertezza analitica. Per rocce comagmatiche, questo implica ovvia-

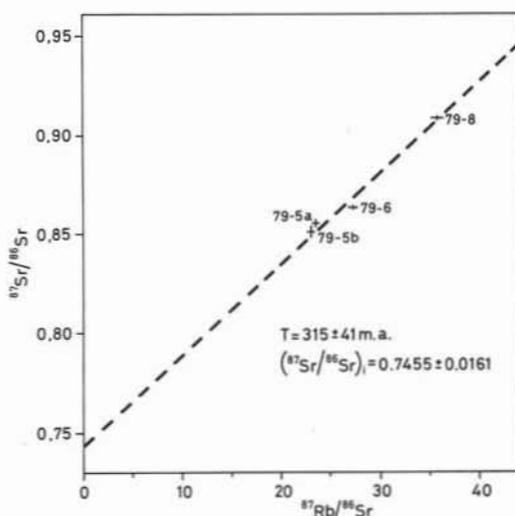


Fig. 7. — Rette dei minimi quadrati costruite con le miche bianche degli ortogneiss granodioritici dell'Unità Calizzano-Savona.

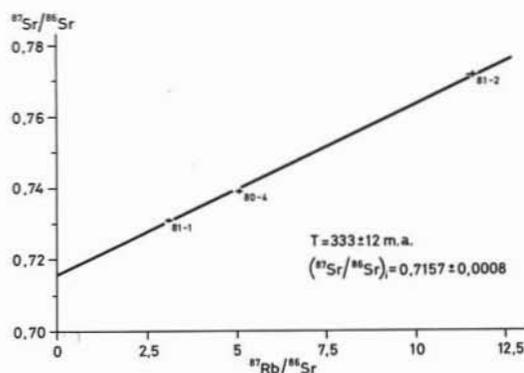


Fig. 8. — Isocrona delle rocce totali degli ortogneiss dell'Unità Calizzano-Savona.

mente una storia precedente, durante la quale si è avuto un incremento differenziato della loro composizione isotopica dello Sr. A riprova di quanto detto c'è da annoverare anche l'alto valore mediato che è stato raggiunto (0,7455) ed esprime anch'esso la stessa indicazione.

L'età Rb/Sr delle biotiti (tab. 5), come prevedibile, non risente dell'indeterminazione del rapporto isotopico dello stronzio di correzione a causa dell'elevato rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  presente in questo minerale. Questa affermazione è verificabile sia dalla concordanza dei risultati ottenuti sulle biotiti

(2) Vedi risultati fra parentesi in tab. 5.

TABELLA 6

Dati analitici Rb/Sr dei paragneiss di Albisola - Unità di Calizzano-Savona

Campione	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Età $\pm 1\sigma$ m.a.	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$
SAV 80-1	RT	64	1.14	0.7205 $\pm$ 4		
	M	198	5.07	0.7377 $\pm$ 3	308 $\pm$ 11	0.7155 $\pm$ 5
SAV 80-2	RT	67	1.20	0.7190 $\pm$ 4		
	B	259	5.7	140.64	1.3400 $\pm$ 10	313 $\pm$ 5
SAV 80-3	RT	66	1.34	0.7172 $\pm$ 1		
	B	246	15.4	47.31	0.9116 $\pm$ 9	297 $\pm$ 5

RT = roccia totale; M = muscovite; B = biotite.

dei tre diversi campioni analizzati, sia dalla buona corrispondenza delle età conseguite sulla biotite del campione SAV 79-8 coi due diversi metodi di datazione Rb/Sr (tabb. 4, 5) e K/Ar.

Altri tre campioni di rocce ortogneissiche dell'Unità Calizzano-Savona (Graniti del Torrente Letimbro, secondo la C.G.I.) sono stati presi in considerazione assieme in quanto, sulla base dei caratteri microstrutturali, rappresentano litotipi francamente ortogneissici per la completa riorganizzazione tessiturale e per la ricristallizzazione della paragenesi originaria.

Tali rocce provengono da Calizzano, Pallare e da Cadibona. Esse hanno fornito sulle miche (tab. 5), sia quelle muscovitiche sia quelle biotitiche, sostanzialmente gli stessi risultati offerti dalle biotiti degli ortogneiss granodioritici. Non esistono differenze sistematiche fra i risultati dei due diversi tipi di mica e le età radiometriche, globalmente coprono l'intervallo compreso fra 311 e 327 m.a. Anche queste età sono state ottenute con isocrona a due punti, in genere utilizzando la coppia mica più roccia totale corrispondente; solo nel caso del campione SAV 79-4 (Calizzano), essendo in esso presenti alcuni minerali parzialmente alterati, la roccia « in toto » non è stata analizzata ed è stata sostituita dal concentrato di feldspato potassico. Nel caso specifico degli ortogneiss di Cadibona, ai quali sembra lecito associare anche quello di Pallare (fig. 8), le rocce totali definiscono un'iso-

crona di  $333 \pm 12$  m.a. con un rapporto isotopico iniziale dello stronzio uguale a  $0,7157 \pm 0,0008$ . Anche se il numero dei campioni analizzati è limitato, l'ampia dispersione del rapporto Rb/Sr dà garanzie sull'attendibilità del risultato.

#### PARAGNEISS

I dati ricavati dalle miche delle rocce paragneissiche (Gneiss di Albisola, secondo la C.G.I.) (tab. 6), che si trovano associate alle rocce « granitiche » studiate, sono conformi con quelli delle miche degli ortogneiss granodioritici poco deformati. In valore assoluto coprono l'intervallo tra 297 e 313 m.a. che sono interpretati come età di raffreddamento dopo il climax metamorfico ercinico.

#### Discussione

Le rocce granitiche ed ortogneissiche dei Massicci di Savona, Calizzano e Pallare rappresentano quindi un complesso di rocce cristalline derivate da rocce intrusive di tipo granitico-granodioritico. La loro derivazione per anatessi in ambiente crostale sembra confermata, oltre che dai dati di composizione chimica, dal fatto che sono associate a rocce restitiche, costituite prevalentemente da biotite, sillimanite e granato, quali testimoni di una sorgente di origine pelitica che ha fornito i fusi.

I caratteri tessiturali e strutturali di queste rocce indicano inoltre una storia intrusiva per cristallizzazione da un fuso, questo fatto

è pure confermato dai contatti intrusivi che queste rocce presentano con i parascisti cornubianitici.

Per quanto riguarda l'età di intrusione di questi ortogneiss, considerando le difficoltà oggettive presentate da queste rocce, si può solo proporre un'età genericamente pre-Westphaliano medio, con un valore minimo che deve essere superiore a quello più elevato ottenuto sulle biotiti.

La storia post-intrusiva registra quindi una fase metamorfica che ha portato alla ricristallizzazione di biotite, mica bianca e plagioclasio. Inoltre la blastesi di sillimanite fibrolitica in alcuni ortogneiss e di granato in alcuni graniti fa ritenere che sia avvenuta un'equilibratura metamorfica in Facies Anfibolitica con temperature superiori ai 550° C e con pressioni non eccedenti i 5 Kbar (del tutto analoga a quella registrata da paragneiss ed anfiboliti).

Questa fase metamorfica è senza dubbio attribuibile ad un evento prealpino in quanto il metamorfismo alpino, in Liguria, non raggiunge mai la Facies delle Anfiboliti.

Un'età ercinica per questo metamorfismo risulta dalle determinazioni fatte sulle miche degli ortogneiss nei quali completa è stata la riorganizzazione tessiturale e paragenetica.

Il motivo interessante, offerto dall'insieme dei risultati di questa serie di rocce metamorfiche, è rappresentato dal ristretto intervallo di tempo intercorrente fra l'età ottenuta con l'isocrona delle rocce totali e quelle delle miche. Considerando le incertezze analitiche, la differenza massima possibile d'età registrata dai due sistemi diversi è all'incirca di 25 m.a., intervallo di tempo insufficiente per assegnar loro rispettivamente il significato d'età di intrusione ed età post- o al massimo sin-metamorfica. Viceversa possiamo associare ai due diversi tipi di risultato le varie fasi di uno stesso evento e più precisamente l'età ottenuta con le rocce totali (333 m.a.) rappresenterebbe l'età del picco metamorfico ercinico e le miche (età da 327 a 311 m.a.) registrano quella degli stadi finali del raffreddamento post-metamorfico. Ossia l'età delle rocce totali corrisponderebbe all'età della riomogeneizzazione isotopica dello stronzio determinata dal metamorfismo ercinico. Alla luce di questa interpretazione (che trova sostegno in altri studi geocronologici riportati

in letteratura (JÄGER, 1979) i graniti si sarebbero formati in età pre-ercinica, o comunque precedente a quella espressa dall'isocrona ed avrebbero subito una riapertura completa del loro sistema Rb/Sr durante l'ercinico, presumibilmente contemporaneamente all'evento che ha portato alla riorganizzazione tessiturale e paragenetica della roccia. I risultati delle biotiti sono da porre in relazione col processo metamorfico ercinico subito dalle rocce e vengono interpretati come il momento del loro passaggio al di sotto dei 300° C (PURDY and JÄGER, 1976), durante la fase di attenuazione della temperatura.

Anche in questo caso risulta comunque impossibile precisare l'età primaria di queste rocce granitiche. A tale riguardo non è fuori luogo ricordare che molti dubbi sussistono sulla presunta esistenza nelle Alpi di una fase magmatica « eo-ercinica » giacchè i dati radiometrici ottenuti a suo sostegno sono tutt'altro che convincenti: determinazioni d'età effettuate con metodi di datazione troppo approssimativi (Pb totale e età  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) o, se effettuate col metodo Rb/Sr su rocce totali, l'età delle isocrone relative hanno un carattere esclusivamente indicativo (vedi discussione riportata in BORSI et al., 1980).

Questa nota di carattere generale favorisce naturalmente uno slittamento delle età delle intrusioni dell'Unità Calizzano-Savona studiate, e cioè quelle dei Massicci di Savona, Pallare e Calizzano verso età più vecchie presumibilmente « caledoniane ».

Pure nelle sequenze di paragneiss ed anfiboliti sono già state messe in evidenza due fasi metamorfiche di cui la prima attribuibile ad un evento di tipo Caledoniano, ma anche nei paragneiss la riomogeneizzazione isotopica interminerale durante la fase Ercinica preclude la possibilità di trovare età più antiche.

Almeno per le rocce che sono state prese in considerazione gli effetti della sovraimpronta metamorfica alpina sono riferibili a condizioni di basso grado con associazioni a pumpellyite, clorite e mica bianca. Temperature dell'ordine di 250°-300° C possono essere valutate per la presenza di pumpellyite: anche la non riapertura del sistema della biotite durante il metamorfismo alpino esclu-

de in maniera netta che questa porzione di basamento appartenente all'Unità Calizzano-Savona fornisca le tracce di un metamorfismo alpino che abbia raggiunto appunto tali temperature.

Nel Massiccio di Barbassiria sono invece rappresentate rocce granitoidi blastomilonitiche nelle quali un'origine da cristallizzazione in condizioni intrusive è di difficile individuazione. Si tratta infatti di litofacies che, per la presenza di tessiture marcatamente anequigranulari e per la presenza di strutture granofiriche negli alcalifeldspati, si avvicinano a rocce effusive o sub-vulcaniche. I parametri chimici indicano una composizione alcali-riolitica.

Questi caratteri tessiturali e composizionali e la posizione strutturale permettono di correlare tali rocce agli Gneiss di Sapey, descritti da ELLMBERGER (1958) e da GAY (1964) nel Brianzone Interni delle Alpi Occidentali.

Le trasformazioni metamorfiche nel Massiccio di Barbassiria sono diffuse in tutti i metagranitoidi blastomilonitici. La presenza di associazioni a epidoto, mica bianca, pumpellyite, clorite ed albite è attribuibile ad una riequilibratura in facies Basso Grado sviluppatesi sicuramente durante l'orogenesi alpina in quanto compare, con caratteri analoghi, anche nelle sequenze sedimentarie del Carbonifero Superiore e nelle vulcaniti permiane che costituiscono le Unità entro le quali i metagranitoidi sono inseriti.

L'età permiana di queste rocce, dovuta verosimilmente al ringiovanimento delle muscoviti durante il metamorfismo alpino, è analoga all'età trovata da BOCQUET et al. (1974) su un campione di gneiss del Sapey proveniente dalla zona di Modane. Anche in questo caso, con le determinazioni di età K/Ar, la mica chiara è risultata essere costituita da un miscuglio di muscovite pre-permiana e di fengite alpina. I risultati da noi ottenuti quindi potrebbero non farci discostare di molto da una simile conclusione, anche se, secondo noi, niente di definitivo è stato raggiunto per l'età primaria di queste rocce.

### Conclusioni

Nel settore investigato delle Alpi Liguri sono quindi distinguibili due tipi principali di Massicci Cristallini.

I Massicci di Savona, Calizzano e Pallare

rappresentano uno zoccolo polimetamorfico costituito da anfiboliti e paragneiss e da graniti sicuramente intrusivi. L'età di intrusione dei graniti, sicuramente pre-westphaliana, può essere attribuita ad un evento magmatogenetico di età Caledoniana in quanto la sequenza di gneiss ed anfiboliti conserva ancora diffusi relitti di tale metamorfismo. Per i parametri intensivi ( $P$  e  $T$ ) tale evento può dare origine a processi di fusione parziale di rocce pelitiche (PURTSCHER e SASSI, 1975).

L'età radiometrica registrata dalle rocce è però ercinica in quanto il metamorfismo in Facies Anfibolitica portò alla ricristallizzazione delle paragenesi e ad una completa riomogeneizzazione nei sistemi isotopici dei minerali.

Viene quindi ad essere delineato un quadro litologico ed evolutivo per l'Unità Calizzano-Savona molto simile a quello dei basamenti cristallini della Catena Alpina, sia paleo-europei che insubrici.

Dal confronto con i dati geocronologici di letteratura rimane difficile trovare dei punti di convergenza con l'Unità Pennidica nella quale quasi tutte le determinazioni radiometriche sui minerali registrano le testimonianze del metamorfismo alpino (BOCQUET et al., 1978).

L'ipotesi, già da tempo prospettata (CERRO et al., 1969; VANOSI, 1980), che tali massicci siano attribuibili al Dominio Brianzone, rimane ancora valida pur tenendo conto dello scarso sviluppo degli effetti metamorfici alpini.

L'attribuzione al Dominio Austroalpino sembra al momento più problematica, in quanto non esiste in questo settore delle Alpi Liguri alcuna evidenza strutturale di uno scavalcamento, da parte dei materiali dell'Unità Calizzano-Savona, sulle sequenze ofiolitiche del Bacino oceanico ligure-piemontese.

Più chiara appare la posizione del Massiccio di Barbassiria in quanto la sua attribuzione al Dominio Brianzone interno e la correlazione con gli gneiss di Sapey poggia su più consistenti dati di fatto.

*Ringraziamenti.* — Si ringraziano i Proff. G. FERRARA e G. GIGLIA per la lettura critica del manoscritto e gli utili suggerimenti.

Le analisi chimiche su roccia totale sono state eseguite dal dr. A. MAZZUCOTELLI.

Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R.

## BIBLIOGRAFIA

- BELLINI A. (1963) - *Petrogenesi e significato stratigrafico dei porfiroidi — cosiddetti besimauditi — dell'areale savonese delle Alpi Liguri*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. I, f. 2, 275-319, Genova.
- BELLINI A. (1964) - *Nuove osservazioni petrogenetiche e geologiche sul cristallino delle Alpi Liguri e del Savonese in particolare*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. 2, f. 2, 101-191, Genova.
- BLOCH J.P. (1964 a) - *Les gneiss du domaine Briançonnais ligure. Existence de deux ensemble pétrographiques: gneiss du type Nucetto; gneiss à biotite et amphibolite*. C.R. Acad. Sc., vol. 258, 421-424, Paris.
- BLOCH J.P. (1964 b) - *Les gneiss du domaine Briançonnais ligure. Existence d'une unité charriés, disjointe, à matériel cristallophyllien*. C.R. Acad. Sc., vol. 259, 604-607, Paris.
- BOCQUET J., DELALOYE M., HUNZIKER J.C. and KRUMMENACHER D. (1974) - *K/Ar and Rb/Sr dating of Blue Amphiboles, Micas and associated minerals from the Western Alps*. Contrib. Miner. Petrol., vol. 47, 7-26.
- BOCQUET J., DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., MARTINOTTI G. and PÉCHER A. (1978) - *The Western Alps*. In: *Metamorphic map of the Alps*, Leiden.
- BORIANI A. e COLOMBO A. (1979) - *Gli « gneiss chiari » tra la Valsesia e il Lago di Como*. Rend. SIMP, vol. XXXV, f. 1, 299-312.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F.P. and ZIRPOLI G. (1980) - *New petrographic and radiometric data on the Oetztal and Stubai orthogneisses (Eastern Alps)*. N. Jb. Miner. Mh., vol. 2, 75-87.
- CERRO A., GIANOTTI R. e VANOSSI M. (1969) - *Osservazioni sulla posizione strutturale dei Massicci Cristallini della Liguria Occidentale (foglio Albenga-Savona)*. Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VIII, vol. 47, f. 5, 337-347, Roma.
- CIMMINO F., CORTESOGNO L. e LUCCHETTI G. (1976) - *Orneblende nelle Anfiboliti dei Massicci Cristallini Liguri*. Rend. SIMP, vol. 32, 591-616.
- CONTI S. (1963) - *Nuove osservazioni sulla preparazione della carta geologica della Liguria*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. I, 3-93, Genova.
- ELLEMBERGER F. (1958) - *Etude géologique du Pays de Vanoise*. Mem. expl. Carte Géol. France: 1-560.
- GALLI M., MESSIGA B. e PICCARDO G.B. (1978) - *Caractères pétrographiques du Massif Cristallin de Savone et du Groupe de Voltri*. Bull. Soc. Géol. Franç., vol. 21, 389-400.
- GAY M. (1964) - *Les leptynites alcalines du Massif d'Ambin (Alpes franco-italiennes)*. C.R. Somm. Soc. Géol. France, vol. 6, 170-172.
- JAEGER E. (1979) - *Introduction to Geochronology*. In: JAEGER E. and HUNZIKER J.C.: « Lectures in Isotope Geology », Springer-Verlag, Berlin.
- MESSIGA B., PICCARDO G.B. e VANOSSI M. (1978) - *Dati preliminari sulla distribuzione del metamorfismo alpino nei terreni pre-mesozoici liguri*. Rend. SIMP, vol. XXXIV, f. 2, 351-369.
- MESSIGA B. (1981) - *Evidenze strutturali e paragenetiche dell'evoluzione polifasica pre-alpina del Massiccio Cristallino di Savona*. Rend. SIMP, vol. XXXVII, f. 2, 739-754.
- PECCERILLO A., POLI G., SASSI F.P., ZIRPOLI G. and MEZZACASA G. (1978) - *New data on the Upper Ordovician acid plutonism in the Eastern Alps*. N. Jb. Miner. Abh., vol. 137, 167-183.
- PURDY J.W. and JAEGER (1976) - *K-Ar ages on rock-forming minerals from the Central Alps*. Mem. Ist. Geol. Miner., Università Padova, 30, 1-31.
- PURTSCHELLER F. and SASSI F.P. (1975) - *Some thoughts on the Pre-alpine Metamorphic history of the Austriac Basement of the Eastern Alps*. Tsch. Mem. Petr. Mitt., vol. 22, 175-199.
- SASSI F.P., ZANFERRARI A. e ZIRPOLI G. (1979) - *Nuovi dati sulla stratigrafia e i caratteri chimico-petrografici dei porfiroidi del Comelico (Alpi Orientali)*. Mem. Soc. Geol. It., vol. 20, 425-434.
- SHAND S.S. (1927) - *Eruptive Rocks* (1st ed.). J. Wiley & Sons., New York.
- VANOSSI M. (1974) - *Ipotesi sull'evoluzione ercinica delle Alpi Liguri tra Savona e l'Ellero*. Mem. Soc. Geol. It., suppl. 1, vol. XIII, 31-48.
- VANOSSI M. (1980) - *Les unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la Mer Ligure: un aperçu schématique*. Memorie di Scienze Geologiche, vol. XXXIV, 101-142.
- VANOSSI M. (1980) - *Hypothèse sur l'évolution tectogénétique des Alpes Ligures*. Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique, vol. 22, f. 1, 3-13.
- WHITE A.J.R. and CHAPPEL B.W. (1977) - *Ultra-metamorphism and granitoid genesis*. Tectonophysics, vol. 43, 7-22.