

Considerazioni petrogenetiche sugli ortogneiss granitoidi di Nucetto e Barbassiria (Alpi Marittime)

LUCIANO CORTESOGNO

Istituto di Petrografia dell'Università, Palazzo delle Scienze, C.so Europa, 16132 Genova

MASSIMO ODDONE

Dipartimento di Chimica Generale dell'Università, V.le Taramelli 12, 27100 Pavia

FRANCA OLIVERI, RICCARDO VANNUCCI *

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, Via M. Oddi 14, 61029 Urbino

RIASSUNTO. — Sulla base di nuovi dati geochimici viene confermata l'origine anatettica dei granitoidi pre-sudetici dei Massicci di Nucetto-Costa Dardella e di Barbassiria (Brianzonese Ligure interno, Alpi Marittime).

Le differenze composizionali osservate sembrano poter essere attribuite alla diversa natura delle rocce sorgente interessate dai due eventi anatettici: rocce metapelitiche per i granitoidi di Nucetto e rocce quarzo-feldspatiche (metagraniti? granuliti?) per i granitoidi di Barbassiria.

Questi ultimi presentano inoltre evidenze di mobilizzazioni chimiche secondarie probabilmente in parte riferibili ad attività di fluidi durante la cristallizzazione.

Gli eventi anatettici si collocano in un contesto orogenico caratterizzato da una situazione termica con elevato flusso di calore.

Parole chiave: Brianzonese Ligure, Paleozoico, granitoidi, anatessi, Terre Rare.

ABSTRACT. — In the Nucetto and Barbassiria Massifs (Inner Ligurian Briançonnais, Maritime Alps) granitoids of pre-Sudetic age crop out. Nucetto granitoids are peraluminous monzogranites and syenogranites, whereas Barbassiria granitoids display granitic and alkali-granitic compositions with a metaluminous to slightly peraluminous character. The samples are characterized by minimum melting compositions and show syn-orogenic tectonomagmatic affinity.

Nucetto granitoids are characterized by high total REE ($\Sigma \text{REE} \approx 114$), high overall REE fractionation

($\text{La/Yb} = 9 \div 15$) and show marked LREE enrichment ($\text{Ce}_N/\text{Sm}_N > 2$). The patterns exhibit constant negative europium anomalies ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = .4 \div .56$).

Barbassiria granitoids display lower REE ($\Sigma \text{REE} \approx 90$), LREE ($\text{Ce}_N/\text{Sm}_N = 1 \div 2$) and LREE/HREE ($\text{La/Yb} = 4 \div 12$) fractionation. These rocks are characterized by the largest negative europium anomalies ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = .14 \div .33$).

The geochemical characteristics of granitoids are consistent with a genesis by partial melting of crustal material: a metapelitic source for Nucetto rocks and a quartzofeldspathic one (metagranites? granulite?) for Barbassiria are suggested.

However the irregularities in the REE spectra of some Barbassiria samples are difficult to explain by partial melting processes. Fluid activity during cooling history could provide an adequate explanation.

The anatectic events are referred to an orogenic context with high heat flow regime.

Key words: Ligurian Briançonnais, Paleozoic, granitoids, anatexis, Rare Earth Elements.

Introduzione

Gli ortogneiss granitoidi che costituiscono i « massicci » di Nucetto-Costa Dardella e Barbassiria rappresentano, rispettivamente, gli elementi strutturali profondi delle Unità Brianzonesi interne di Pamparato-Murialdo e di Mallare. I principali lineamenti stratigrafico-tettonici sono riportati in CERRO et al. (1969), VANOSI (1980) e CORTESOGNO et al. (1982).

(*) Attuale indirizzo: Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università, Via A. Bassi 4, 27100 Pavia.

L'età di intrusione degli ortogneiss granitoidi di Nucetto è considerata genericamente pre-sudetica in base al riconoscimento di relitti strutturali e tessiturali attribuiti ad una fase metamorfica pre-alpina (CORTESOGNO et al., 1982). Non si hanno datazioni radiometriche: è comunque da attendersi una riomogeneizzazione dei sistemi isotopici dei minerali durante il metamorfismo ercinico in facies anfibolitica, analogamente a quanto accade per i Massicci di Savona, Calizzano e Pallare per i quali è stata proposta un'età di intrusione pre-westphaliana (DEL MORO et al., 1982).

L'età radiometrica (Rb/Sr e K/Ar) permiana degli ortogneiss granitoidi di Barbassiria è verosimilmente dovuta a ringiovanimento delle muscoviti durante il metamorfismo alpino (DEL MORO et al., 1982). La presenza di relitti tessiturali attribuibili ad un evento metamorfico deformativo pre-alpino, benchè mal conservati, suggerisce anche in questo caso un'età pre-sudetica (CORTESOGNO et al., 1982).

I dati petrografici e geochimici sui massicci presenti nella Liguria occidentale sono tuttavia insufficienti sia per l'interpretazione dei processi petrogenetici, che per consentire un confronto, a carattere locale, tra i diversi massicci o, a scala più generale, con i basamenti cristallini paleoeuropei ed insubrici della Catena Alpina.

Il presente studio, basato su alcuni elementi in tracce (Cs, Hf, Rb, Sc, Ta, Th, U, Zr e Terre Rare), è inteso a fornire maggiori dettagli per l'interpretazione dell'evoluzione petrogenetica degli ortogneiss di Nucetto e Barbassiria e per la caratterizzazione dei massicci cristallini delle Alpi Liguri.

Caratteri petrografici

Negli ortogneiss di Nucetto, nonostante l'evidente impronta polimetamorfica prealpina ed alpina, sono riconoscibili caratteri primari di rocce marcatamente inequigranulari con individui idiomorfi di K-feldspato spesso centimetrici che includono piccoli cristalli di plagioclasio, quarzo e biotite. Zirconio ed apatite sono accessori diffusi. Strutture perititiche primarie sono spesso conservate.

La tessitura degli ortogneiss granitoidi di Barbassiria è caratterizzata da un evento deformativo alpino molto intenso cui sopravvivono porfiroclasti di K-feldspato in matrice blastica di quarzo, albite e miche bianche. Gli individui di K-feldspato conservano talora abito subidiomorfo con inclusioni di quarzo.

Con riferimento ai caratteri primari riconoscibili, gli ortogneiss granitoidi di Barbassiria differiscono da quelli di Nucetto per le dimensioni inferiori dei K-feldspati, la maggiore omogeneità composizionale, il contenuto più elevato in quarzo e minore in femici (percentuale in volume delle pseudomorfosi su biotite $\leq 2\%$).

Composizione chimica

I granitoidi di Nucetto presentano un netto carattere peralluminoso (tenori medi di

TABELLA 1

Composizione chimica media e norma C.I.P.W. dei granitoidi di Nucetto (col. 1) e Barbassiria (col. 2) — Average major element and C.I.P.W. normative composition of Nucetto (1) and Barbassiria (2) granitoids

	1		2	
	x (4)	s	x (9)	s
SiO ₂	71.33	3.50	75.89	1.68
TiO ₂	.37	.31	.20	.28
Al ₂ O ₃	17.10	2.48	13.61	.36
Fe ₂ O ₃ *	.88	.20	.61	.22
MnO	.03	-	.02	.02
MgO	.42	.09	.34	.39
CaO	.41	.41	.38	.11
Na ₂ O	2.69	.75	3.05	.29
K ₂ O	4.89	.63	4.56	.45
P ₂ O ₅	.11	.09	.20	.28
L.O.I.	1.57	.30	1.13	.51
Tot.	99.80	.16	99.99	.31

NORME C.I.P.W.

Qz	35.79	39.96
Or	28.89	26.94
Ab	22.75	25.80
An	1.32	.58
C	6.90	3.45
En/Hy	1.05	.85
Mt	.28	.36
Hm	.25	.06
Il	.70	.38
Ap	.26	.47

Fe₂O₃* = Fe totale come Fe₂O₃.

TABELLA 2

Dati relativi agli elementi in tracce: granitoidi di Nucetto (col. 1-4); granitoidi di Barbassiria (col. 5-13) — Trace element composition of Nucetto (1-4) and Barbassiria (5-13) analyzed samples

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sigla	2480	2484	2488	2489	2693	2694	2699	2710	2737	2738	2746	2750	2751
La	29	25	31	25	28	19	29	26	22	34	9	27	27
Ce	43	41	47	43	40	37	42	39	41	35	14	47	45
Nd	25	21	27	23	28	18	20	20	19	18	10	28	26
Sm	4.1	3.8	4.3	4.1	6.9	3.9	5.0	5.8	5.1	3.8	3.9	3.3	6.3
Eu	.69	.63	.64	.83	.67	.21	.55	.63	.31	.19	.21	.33	.36
Tb	.96	1.01	1.02	.88	1.24	.62	.86	.86	1.01	.81	.73	.85	.99
Yb	1.87	2.40	3.03	2.89	2.41	2.88	2.41	2.49	2.35	2.28	2.14	2.62	2.51
Lu	.25	.36	.49	.48	.27	.51	.34	.42	.38	.40	.19	.46	.38
La/Yb	15.51	10.42	10.23	8.65	11.62	6.60	12.03	10.44	9.36	14.91	4.21	10.30	1.76
Ce _N /Sm _N	2.16	2.22	2.25	2.16	1.19	1.95	1.73	1.38	1.65	1.89	.74	2.93	1.47
Tb _N /Yb _N	2.18	1.79	1.43	1.30	2.19	.92	1.52	1.47	1.83	1.51	1.45	1.38	1.68
Eu/Eu*	.46	.43	.40	.56	.28	.16	.32	.33	.17	.14	.16	.26	.17
Zr	199	128	145	242	126	119	165	137	213	262	212	206	172
Hf	3.7	3.2	3.1	3.9	4.1	2.3	4.5	3.6	3.7	3.8	2.9	4.3	4.1
U	2.1	2.1	2.1	2.1	2.6	2.1	4.7	3.4	8.7	4.1	9.6	4.3	4.1
Th	11	12	13	13	17	16	21	19	19	22	21	21	18
Zr/Hf	54	40	47	62	31	52	37	38	58	69	73	48	42
Th/U	5.2	5.7	6.2	6.2	6.5	7.6	4.5	5.6	2.2	5.4	2.2	4.5	2.9
K/U x10 ⁻³	18.85	18.22	23.44	16.79	15.80	17.15	8.00	10.86	4.57	10.87	2.19	7.59	5.66
Ta	3.1	3.7	4.6	13.6	3.1	3.7	4.3	3.2	4.0	6.6	3.4	2.7	3.4
Sc	4.7	4.5	3.6	5.1	3.7	2.4	3.6	2.7	3.7	2.8	3.4	2.7	3.3
Rb	164	142	145	171	332	122	235	251	352	279	313	223	257
Cs	5.6	7.2	5.9	4.4	6.7	2.5	5.8	6.1	6.8	5.5	6.9	5.3	6.5

corindone normativo $\approx 7\%$ e rapporti $A/CNK > 1$) e mostrano una variabilità composizionale (basata su composizioni normative) da monzograniti a sienograniti. I granitoidi di Barbassiria presentano maggiore omogeneità composizionale (essenzialmente graniti e graniti subalcalini) e un carattere complessivamente metalluminoso (corindone normativo raramente > 3 e rapporti $A/CNK \approx 1$ o di poco superiori). In tab. 1 si riportano per brevità le sole composizioni chimiche medie; per le composizioni dei simboli campioni si rinvia a CORTESOGNO et al. (1982) e DEL MORO et al. (1982).

Pur nel limitato intervallo composizionale i granitoidi presentano affinità calcalkalina (CORTESOGNO et al., 1982) con caratteri da « medium-K » a « high-K » e tendenza subalkalina potassica per alcuni campioni del Masiccio di Barbassiria.

Si possono riscontrare evidenti analogie composizionali con alcuni metagranitoidi australpini ordoviciani (PECCERILLO et al., 1979) e con la maggior parte dei graniti e

leucograniti ercinici europei (LAMEYRE & AUTRAN, 1980; LAMEYRE & BOWDEN, 1982).

L'interpretazione petrogenetica sulla base dei parametri multicationici (BATCHELOR & BOWDEN, 1985) risulta fortemente limitata dalle composizioni costantemente prossime a quelle di « minimum melting ». Ne risulta una sovrapposizione dei graniti appartenenti alle seguenti divisioni tettonomagmatiche: «destructive active plate magmatism», «late-orogenic magmatism», «anatectic syn-orogenic magmatism». La probabile mobilitazione in ambiente metamorfico di alcuni degli elementi considerati rende di dubbia attendibilità una discriminazione tettonica basata su elementi in tracce, quale quella recentemente proposta da PEARCE et al. (1984); le maggiori evidenze sono tuttavia per un carattere sin-collisionale.

Nel complesso la predominanza di un tipo litologico (granito), l'assenza o almeno estrema rarità di termini più femici, il carattere peralluminoso e la vicinanza dei punti rappresentativi alla linea cotettica nel diagram-

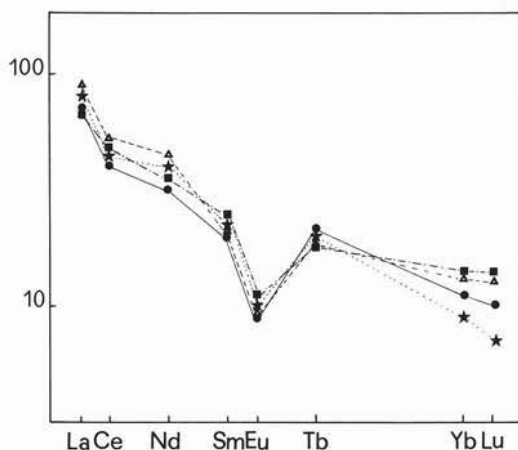


Fig. 1. — Distribuzione delle Terre Rare nei granitoidi di Nucetto. — Chondrite-normalized rare earth patterns for the Nucetto granitoids.

ma Qz-Ab-Or-An consentono di correlare i granitoidi di Nucetto e Barbassiria ai fusi crostali o leucograniti s.l. (« mobilized and related granitoids », cfr. LAMEYRE & BOWDEN, 1982), indicando l'anatessi in un contesto sin-orogenico come il processo petrogenetico più plausibile.

A verifica di tali ipotesi e per una più approfondita caratterizzazione dei massicci cristallini presenti nella Liguria Occidentale in vista di uno studio comparato a più ampia scala, in alcuni campioni dei granitoidi di Barbassiria e di Nucetto sono stati determinati i tenori in Terre Rare ed altri elementi in tracce (Cs, Rb, Sc, Ta, Th, U e Zr) mediante attivazione neutronica (BENEDETTI et al., 1977; ODDONE et al., 1984). I dati sono riportati in tab. 2; la distribuzione delle Terre Rare (valori normalizzati a quelli condritici riportati da HASKIN et al., 1968) è illustrata nelle figg. 1 e 2.

I granitoidi di Nucetto (fig. 1) mostrano un alto contenuto totale in Terre Rare (valore medio $\Sigma \text{REE}_{\text{INT}} \cong 114$), un elevato frazionamento LREE/HREE ($\text{La}/\text{Yb} = 9 \div 15$), un accentuato frazionamento delle LREE ($\text{Ce}_N/\text{Sm}_N > 2$) ed una limitata anomalia negativa in Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = .4 \div .56$).

I granitoidi di Barbassiria (fig. 2) presentano tenori leggermente minori in Terre Rare (valore medio $\Sigma \text{REE}_{\text{INT}} \cong 90$), limitati frazionamenti LREE/HREE ($\text{La}/\text{Yb} = 4 \div 12$), scarso frazionamento delle LREE

(Ce_N/Sm_N generalmente compreso tra 1 e 2) e accentuate anomalie negative in Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = .14 \div .33$).

Le HREE risultano in entrambi i granitoidi poco frazionate (Tb_N/Yb_N generalmente compreso tra 1 e 2).

Un gruppo di campioni provenienti dal Massiccio di Barbassiria presenta (fig. 2, riquadro inferiore) patterns « anomali », caratterizzati da anomalie negative in Ce e dalle maggiori anomalie negative in Eu. Anomalie di questo tipo in letteratura sono imputate alla presenza di fasi residue o separate caratterizzate da $K_d^{s/l} > 1$ (ad es. plagioclasio, apatite, ecc.; cfr. ARTH, 1976), a mobilitazioni secondarie ad opera di fluidi (FOWLER & DOIG, 1983; VIDAL et al., 1982), oppure a processi di diffusione termogravitativa con frazionamento solido-liquido (HILDRETH, 1979). Va inoltre osservato che tali patterns presentano notevoli analogie con quelli osservati in alcune cloriti e muscoviti dei gra-

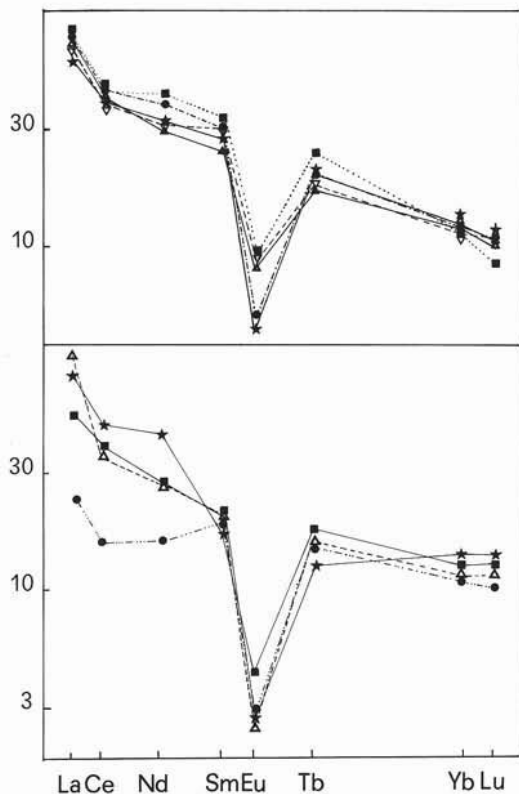


Fig. 2. — Distribuzione delle Terre Rare nei granitoidi di Barbassiria. — Chondrite-normalized rare earth patterns for the Barbassiria granitoids.

nitoidi di Auriat nel Massiccio Centrale (ARNIAUD et al., 1984), interessato da intensi fenomeni di alterazione tardo-post magmatica.

La presenza di patterns di Terre Rare distinti, a parità di composizione chimica principale e degli altri elementi in tracce, sembra indicare la presenza di mobilizzazioni secondarie su parte dei granitoidi di Barbassiria. Tali mobilizzazioni potrebbero essere state determinate dall'attività di fluidi nelle ultime fasi di cristallizzazione o dai successivi eventi metamorfici. Durante la ricristallizzazione alpina e la conseguente neoformazione di mica bianca e clorite possono essersi verificati processi di mobilizzazione delle Terre Rare guidati dalle fasi di nuova cristallizzazione.

Per quanto concerne gli altri elementi in tracce considerati, un confronto effettuato con rioliti calcaline (EWART, 1979) non individua nei granitoidi significativi processi di arricchimento. I tenori degli elementi in tracce e i relativi rapporti, complessivamente « normali » per rocce granitiche (ROGERS, 1965; TAYLOR, 1965; SHAW, 1968; KHALIL et al., 1978) sembrano apparentemente escludere mobilizzazioni secondarie ad opera dei fluidi che in genere determinano bassi rapporti K/Rb, K/Cs e Th/U (MUECKE & CLARKE, 1981; ARNIAUD et al., 1984). Solo alcuni dei granitoidi di Barbassiria, caratterizzati dalle maggiori anomalie nella distribuzione delle Terre Rare, presentano rapporti K/Rb < 150 ed i relativi punti rappresentativi risultano nel campo pegmatitico idrotermale (SHAW, 1968).

Mediante i granitoidi di Nucetto presentano minori contenuti in Th, U e Rb dei granitoidi di Barbassiria.

Considerazioni petrogenetiche

I nuovi dati consentono di escludere una genesi comune dei granitoidi di Nucetto e Barbassiria attraverso processi di frazionamento a partire da un magma più femico. Gli elementi incompatibili mostrano tra loro correlazioni scarsamente significative; inoltre i coefficienti di distribuzione, calcolati sulla base delle rette di correlazione ($D = 1 - m$, dove m è la pendenza della retta; ALLEGRE et al., 1977) dei diversi elementi rispetto ad

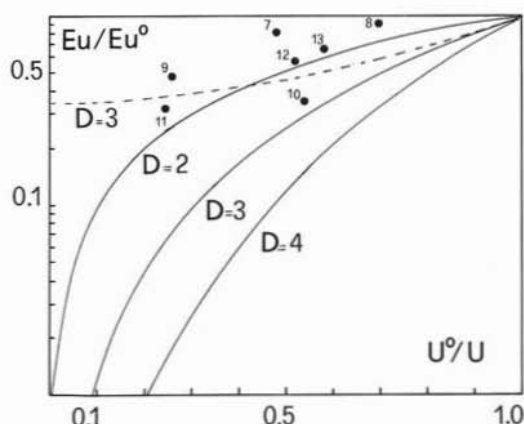


Fig. 3. — Distribuzione di Eu rispetto a U durante fusione parziale e cristallizzazione frazionata (da CHRISTIANSEN et al., 1984). U^0/U indica sia il grado di fusione parziale (—) che il grado di frazionamento (---). I rapporti sono riferiti ai campioni di Nucetto e al campione 2693 dei granitoidi di Barbassiria. I campioni sono numerati come in tab. 2. — Behavior of Eu relative to U during batch partial melting (—) and fractional crystallization (---) (from CHRISTIANSEN et al., 1984), both symbolised by U^0/U . U^0/U ratios are derived from Nucetto and Barbassiria N. 2693 samples. Sample number as in tab. 2.

un elemento fortemente igromagnetofilo ($D \ll 1$, ad es. U), risultano in genere notevolmente in eccesso rispetto a quelli noti in letteratura.

Analogamente una derivazione dei patterns di Terre Rare dei granitoidi di Barbassiria da quelli di Nucetto richiederebbe un frazionamento di elevate quantità di plagioclasio accompagnato da fasi accessorie, in contrasto con le evidenze petrografiche e petrochimiche.

La variazione degli elementi compatibili ($K_d^{s/l} > 1$, ad es. Eu) in funzione di elementi incompatibili ($K_d^{s/l} < 1$, ad es. U) indica (fig. 3) che le distribuzioni osservate possono essere prodotte da processi di fusione parziale con $D \cong 3$ ($C_L/C_0 = 1/D (1 - F) + F$), ma non da processi di cristallizzazione frazionata ($C_L/C_0 = F^{D-1}$).

Tale interpretazione è in accordo con modelli basati sulla distribuzione delle Terre Rare. Patterns come quelli osservati nei granitoidi di Nucetto e Barbassiria possono essere calcolati a partire da una generica sorgente « crostale » a composizione tipo NASC (HASKIN et al., 1968) utilizzando i coefficienti di distribuzione di ARTH (1976).

Tuttavia tale ipotesi non è sufficiente a spiegare le anomalie geochimiche osservate in alcuni campioni dei granitoidi di Barbassiria, per le quali sembra necessario invocare mobilitazioni ad opera di fluidi o ridistribuzioni di elementi durante il metamorfismo alpino.

Benchè i granitoidi di Nucetto e Barbassiria siano entrambi riferibili ad anatessi crostale, diverse considerazioni fanno ritenere che i processi petrogenetici siano stati distinti.

L'accentuato carattere peralluminoso dei granitoidi di Nucetto suggerisce presenza di muscovite e/o allumosilicati nella sorgente. Calcoli basati sull'equilibrio di fusi con questi minerali indicano infatti in 3-8 % il tenore di corindone normativo (THOMPSON & TRACY, 1977; CLEMENS & WALL, 1981).

Viceversa i granitoidi metalluminosi di Barbassiria potrebbero derivare da limitati gradi di fusione di una sorgente caratterizzata da elevate quantità di plagioclasio e K-feldspato (accentuate anomalie negative in Eu); i processi di fusione avrebbero avuto luogo per « breakdown » della biotite (CLEMENS, 1984).

I granitoidi di Barbassiria presentano inoltre una struttura maggiormente polimerizzata (espressa come NBO/T, EBY, 1983) rispetto ai granitoidi di Nucetto. Ciò potrebbe essere connesso alla diversa natura della sorgente e alla conseguente minore quantità d'acqua presente nei fusi prodotti da una sorgente quarzo-feldspatica (metagranito? granulite?) rispetto ad una metapelitica (CLEMENS, 1984).

Processi di fusione come quelli ipotizzati richiedono, per contenuti in H_2O compresi tra 3 e 5 %, temperature $\geq 800^\circ C$ a 5 kbar (CLEMENS & WALL, 1981). Ciò comporterebbe un contesto orogenico caratterizzato da una situazione termica con elevato flusso di calore; il gradiente geotermico, supponendo una crosta continentale di medio spessore, può essere valutato $> 35^\circ C/km$.

Conclusioni

Pur ribadendo il carattere preliminare del presente lavoro si ritiene di proporre alcune considerazioni che dovranno essere confortate dai risultati di uno studio allargato ai restanti granitoidi del Brianzone ligure e dal confronto con il quadro del basamento ercinico nel settore della Neo Europa.

I nuovi dati geochimici confermano l'origine anatettica dei granitoidi di Nucetto e Barbassiria.

Nonostante gli eventi successivi alla messa in posto possano aver influenzato il chimismo, in particolare degli ortogneiss di Barbassiria, le distribuzioni osservate sembrano riferibili a processi di fusione parziale. Le differenze composizionali sembrano poter essere attribuite a diversa natura delle rocce sorgente: rocce metapelitiche per i granitoidi di Nucetto e rocce quarzo-feldspatiche in facies granulitica per i granitoidi di Barbassiria.

Durante i processi di cristallizzazione di questi ultimi è inoltre probabile che si siano verificati processi di differenziazione solidoliquido dovuti alla presenza di F nel fuso prodotto dal « breakdown » di biotite. Rapporti $F/Cl > 1$ risultano comparabili con la natura alluminosa dei fusi (CHRISTIANSEN et al., 1983) e possono fornire una valida spiegazione per le accentuate anomalie negative in Eu, i minori tenori in LREE e i relativi arricchimenti in HREE, U e Th.

Benchè la diversa natura delle sorgenti non implichi necessariamente una diversa cronologia degli episodi anatettici, sembra tuttavia lecito supporre un diacronismo degli eventi con fusione in livelli crostali sempre più profondi all'aumentare del gradiente geotermico.

Ringraziamenti. — Lavoro eseguito nel quadro del progetto « Dynamics and evolution of the lithosphere », sul tema « Compared structural evolution of sectors of Southern and Western Alps and Northern Apennines » (M.P.I., 40 % e 60 %).

BIBLIOGRAFIA

- ALLEGRE C. H., TREUIL M., MINSTER J. F., MINSTER B., ALBAREDE F. (1977) - *Systematic use of trace element in igneous process. Part I: Fractional crystallization processes in volcanic* suites. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 60, 57-75.
- ARNIAUD D., DUPUY C., DOSTAL J. (1984) - *Geochemistry of Auriat granite (Massif Central France)*. *Chem. Geol.*, 45, 263-277.

- ARTH J.H. (1976) - Behaviour of trace elements during magmatic processes. A summary of theoretical models and their application. *J. Res. U.S. Geol. Surv.*, 4, 41-47.
- BATCHELOR R.A., BOWDEN P. (1985) - Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *Chem. Geol.*, 48, 43-55.
- BENEDETTI A., FRACHE R., JAFFREZIC H., JORON J.L., MAZZUCOTELLI A., MELONI S., ODDONE M. (1977) - Major, minor and trace element data of opbilitate standard rock GOG-1. *Ofoliti*, 2, 29-39.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1969) - Osservazioni sulla posizione strutturale dei massicci cristallini della Liguria Occidentale (F. Albenga-Savona). *Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. fis., mat. e nat.*, 47, 337-347.
- CHRISTIANSEN E.H., BIKUN J.V., SHERIDAN M.F., BURT D.M. (1984) - Geochemical evolution of topaz rhyolites from the Thomas Range and Spor Mountain, Utah. *Am. Mineral.*, 69, 223-236.
- CHRISTIANSEN E.H., BIKUN J.V., SHERIDAN M.F., WILSON R.T. (1983) - The petrogenesis of topaz rhyolite from the Western United States. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 83, 16-30.
- CLEMENS J.D. (1984) - Water contents of silicic to intermediate magmas. *Lithos*, 17, 273-287.
- CLEMENS J.D., WALL V.J. (1981) - Origin and crystallization of some peraluminous (S-type) granitic magmas. *Can. Mineral.*, 19, 11-131.
- CORTESOGNO L., GIANOTTI R., OXILIA M., VANNUCCI R., VANOSI M. (1982) - Genesi ed evoluzione dello zoccolo pre-mesozoico di alcuni settori del Brianzone ligure interno. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 38 (1), 219-260.
- DEL MORO A., PARDINI G., MESSIGA B., POGGIO M. (1982) - Dati petrologici e radiometrici preliminari sui massicci cristallini della Liguria Occidentale. *Rend. Soc. It. Min. Petr.*, 38 (1), 73-87.
- EBY G.N. (1983) - The identification of silicate-liquid immiscibility processes using minor and trace element distributions. In: AUGUSTITHIS S.S. (Ed.), «The significance of trace elements in solving petrogenetic problems & controversies», Theophrastus Publ., Athens, 27-38.
- EWART A. (1979) - A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary-Recent dacitic, latitic, rhyolitic, and related silic volcanic rocks. In: BARKER F. (Ed.), «Trondhjemites, dacites and related rocks», Elsevier, Amsterdam, 13-121.
- FOWLER A.D., DOIG R. (1983) - The significance of Europium anomalies in the REE spectra of granites and pegmatites, Mont Laurier, Quebec. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 1131-1137.
- HASKIN L.A., HASKIN M.A., FREY A.F., WELDEMAN T.R. (1968) - Relative and absolute terrestrial abundances of Rare Earths. In: AHRENS L.H. (Ed.), «Origin and distribution of the elements», Pergamon Press, 889-912.
- HILDRETH W. (1979) - The Bishop Tuff: evidence for the origin of compositional zonation in silicic magma chambers. In: CHAPIN C.E. & ELSTON W.E. (Editors), «Ash Flow Tuffs», *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, 180, 43-75.
- KHALIL S.O., NEFF T.A., BRUNFELT A.O. (1978) - Trace elements abundances of the Holterkollen pluton complex, Oslo area, Norway. *Chem. Geol.*, 22, 121-155.
- LAMEYRE J., AUTRAN A. (1980) - Les granitoides de France. In: AUTRAN A. & DERCOURT J. (Ed.), «Evolution géologique de la France», Colloque C7, Géologie de la France, 26 C.G.I., Paris, 52-97.
- LAMEYRE J., BOWDEN P. (1982) - Plutonic rock types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 14, 169-186.
- MUECKE G.K., CLARKE D.B. (1981) - Geochemical evolution of the South Mountain batholith, Nova Scotia: rare-earth-element evidence. *Can. Mineral.*, 19, 133-145.
- ODDONE M., MELONI S., GENOVA N. (1984) - Neutron activation analysis: a powerful tool for assay of rare-earth element in terrestrial material. *Inorg. Chem. Acta*, 94, 283-290.
- PEARCE J.A., HARRIS N.B.W., TINDLE A.G. (1984) - Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25, 4, 956-983.
- PECCERILLO A., POLI G., SASSI F.P., ZIRPOLI G., MEZZACASA G. (1979) - New data on the upper Ordovician acid plutonism in the Easter Alps. *N. Jb. Miner. Abh.*, 137, 162-183.
- ROGERS J.J., ADAMS J.A.S., CATLIN B. (1965) - Distribution of thorium, uranium and potassium concentrations in three cores from the Conway granite, New Hampshire, U.S.A. *Am. J. Sci.*, 263, 817-822.
- SHAW D.M. (1968) - A review of K-Rb fractionation trends by covariance analysis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, 573-601.
- TAYLOR R. (1965) - The application of trace element data to problems in petrology. In: AHRENS L.H., PRESS F., RUNCORN S.K., UREY H.C. (Eds.), «Physics and chemistry of the earth», Pergamon Press, 6, 133-213.
- THOMPSON A.B., TRACY R.J. (1977) - Anatectic melting reactions in pelitic rocks. *Amer. Geophys. Union. Trans.*, 58, 520.
- VANOSI M. (1980) - Les unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la mer ligure: un aperçu schématique. *Mem. Sc. Geol. Padova*, 34, 101-142.
- VIDAL P.H., COCHERIE A., LE FORT P. (1982) - Geochemical investigations of the origin of the Manaslu leucogranites (Himalaya, Nepal). *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 2279-2292.