

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DELLE METAVULCANITI TARDO-ERCINICHE DEL BRIANZONESE LIGURE (ALPI MARITTIME):

1) I « PORFIDI » DI OSIGLIA ED I CLASTI DI VULCANITI NELLA FORMAZIONE DI OLLANO

LUCIANO CORTESOGNO

Istituto di Petrografia dell'Università, Corso Europa, 16132 Genova

RENATO GIANOTTI, MARIO VANOSI

Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università, Strada Nuova 65, 27100 Pavia

MASSIMO ODDONE

Dipartimento di Chimica Generale dell'Università, Viale Taramelli 12, 27100 Pavia

RICCARDO VANNUCCI

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

RIASSUNTO. — Nel tegumento permo-carbonifero di una parte dell'unità di Mallare (Brianzonese ligure interno) il rilevamento di dettaglio e l'analisi meso-strutturale hanno messo in evidenza l'esistenza di quattro fasi deformative duttili di età alpina, associate ad un metamorfismo polifasico ed hanno consentito di riconoscere che i « Porfidi » di Osiglia, precedentemente ritenuti più giovani dei sedimenti westfaliano-stefaniani della Formazione di Ollano, sono in realtà intercalati (o, meno probabilmente, sottostanti) ad essa.

I « Porfidi » sono pertanto omologhi delle altre manifestazioni acide precoci (« Metarioliti di Case Lisetto ») già segnalate dagli autori nel Brianzonese ligure, di cui rappresentano l'affioramento più cospicuo.

Si tratta di rioliti, a prevalenti caratteri ignimbritici, con indice di porfiricità mediamente elevato (30-40%), a fenocristalli prevalenti di quarzo e K-feldspato e subordinati di biotite e plagioclasio, contenenti brandelli di lave pomicee e rari inclusi enallogeni (metapeliti, scisti biotitici granatiferi) di taglia fino a decimetrica.

I dati chimici indicano un carattere calcocalino, con contenuti in K_2O piuttosto elevati, rapporto Zr/Hf compreso tra 16 e 26, rapporto Th/U elevato (anche oltre 7). La distribuzione delle terre rare mostra un arricchimento delle LREE rispetto alle HREE, frazionamento relativo delle LREE, ma non delle HREE e una leggera anomalia positiva in Eu.

Caratteri in parte differenti presentano i clasti di vulcaniti, prive di metamorfismo prealpino, sporicamente presenti a vari livelli stratigrafici entro

i sedimenti della Formazione di Ollano e caratterizzati da uno spettro composizionale e tessiturale più vasto. I dati chimici indicano ancora un carattere calcocalino con contenuti in K_2O maggiori che nei « Porfidi » di Osiglia, dai quali si distinguono anche per minori rapporti Th/U, maggiori rapporti Zr/Hf, minor frazionamento LREE/HREE e la presenza di una costante anomalia negativa in Eu.

L'insieme dei dati è tuttavia interpretabile nell'ambito di uno stesso modello petrogenetico. Vengono così confermati e precisati il quadro geologico e l'ipotesi petrogenetica già prospettata in precedenti lavori: affondamenti isostatici conseguenti ad ispessimenti crostali prodotti dalla fase sudetica determinano una tettonica superficiale a block-faulting, cui si accompagnano in profondità fenomeni anatettici, con fusione parziale di rocce crostali a composizione relativamente variabile. Localmente possono aver espletato ruoli di qualche importanza anche processi di frazionamento ad opera di fasi accessorie, quale apatite, e/o mobilizzazioni ad opera di fluidi.

RÉSUMÉ. — Des levées détaillées et l'analyse méso-structurale dans le tégument permo-carbonifère d'une partie de l'unité de Mallare (Briançonnais ligure interne) ont mis en évidence l'existence de quatre phases de déformation ductile d'âge alpin, accompagnées d'un métamorphisme polyphasé et ont permis d'établir que les « Porphyres » de Osiglia, auparavant considérés plus récents que les sédiments westphalo-stéphaniens de la Formation

de Ollano, sont en réalité intercalés (ou, moins probablement, sous-jacents) dans celle-ci.

Les « Porphyrès » sont par conséquent homologues des autres manifestations acides précoces (« Métarhyolites de Case Lisetto ») déjà signalées par les auteurs dans le Briançonnais ligure, dont ils représentent l'affleurement le plus étendu.

Il s'agit d'ignimbrites rhyolitiques, avec $P.I. = 30-40\%$, à phénocristaux de quartz et K-feldspath, avec biotite et plagioclase en sous-ordre, contenant des fragments des ponces et de rares xénolithes (métapélites, schistes biotitiques à granat) de taille jusqu'à décimétrique.

Les données chimiques montrent un caractère calco-alcalin, avec K_2O en quantité plutôt élevée, rapport Zr/Hf compris entre 16 et 26, rapport Th/U élevé (même supérieur à 7). Les « Porphyrès » présentent un enrichissement des T.R. légères par rapport aux T.R. lourdes, un fractionnement relatif des T.R. légères, tandis que le groupe de T.R. lourdes n'est pas fractionné. La présence d'une faible anomalie positive en Eu caractérise les profils de T.R.

Des caractères en partie différents se retrouvent dans les galets de volcanites, dépourvues de métamorphisme ante-alpin, occasionnellement observables à plusieurs niveaux stratigraphiques dans les sédiments de la Formation de Ollano et moins homogènes comme compositions et textures. Les données chimiques indiquent encore un caractère calco-alcalin, avec des teneurs en K_2O plus fortes que dans les « Porphyrès » de Osiglia, par rapport aux quels le rapport Zr/Hf augmente et le rapport Th/U diminue. Les spectres de T.R. présentent un enrichissement des T.R. légères plus faible, le même fractionnement des T.R. lourdes et la présence d'une significative anomalie négative en Eu.

L'ensemble des données est néanmoins interprétable dans le même modèle pétrogénétique. Le cadre géologique et l'hypothèse pétrogénétique déjà envisagés dans des travaux précédents sont par conséquent confirmés et précisés: des effondrements isostatiques en conséquence d'épaississements crustaux engendrés par la phase sudète causent en surface une tectonique en Horst et Graben, accompagnée en profondeur par des phénomènes d'anatexis, avec fusion partielle de roches crustales à composition relativement variable. En sous-ordre et localement un certain rôle aurait pu être joué aussi par des processus de fractionnement au moyen de phases accessoires, telle apatite, et/ou phénomènes de mobilisation chimique dus aux fluides.

1. Introduzione

Nel quadro delle ricerche condotte sul vulcanismo permo-carbonifero del Brianzese ligure, gli scriventi hanno già presentato in alcune note (CORTESOGNO et al., 1981, 1982, 1984) diversi dati, di cui hanno anche fornito un'interpretazione preliminare in chiave petrologica e geodinamica.

In sintesi, è stato riconosciuto che l'attività vulcanica si è svolta in tre episodi, in

parte sovrapposti nel tempo e di importanza crescente. 1) *Manifestazioni precoci*, con emissione di rioliti ignimbritiche (« Metarioliti di Case Lisetto »), prevalentemente associate alle zone brianzese intermedio-interne, interessate da una tettonica a block-faulting (fase asturiana precoce, del Westfaliano superiore). 2) *Episodio intermedio*, con eruzioni centrali miste (lave e piroclastiti) a composizione andesitica (« Formazione di Eze »), caratterizzante, durante lo Stefaniano-Autuniano (?), le aree più interne del dominio brianzese, relativamente stabili. 3) *Attività principale*, ubiquitaria, associata alla tettonica fragile tardiva, eopermica, della fase asturiana; dà luogo all'emissione di enormi volumi di ignimbriti, prevalentemente riolitiche, cui si associano subordinate venute laviche e piroclastiche, da riolodacitiche a dacitiche (« Porfiroidi del Melogno »).

Tutta l'attività predetta appare a caratterizzazione calcalkalina ed è stata ricondotta dagli scriventi a prevalenti fenomeni di anatessi crostale indotti da movimenti isostatici accompagnati da una risalita delle geosolferme.

Il quadro predetto, controllato nelle grandi linee, necessita tuttavia di un lavoro di dettaglio, corredato da un consistente numero di osservazioni geologiche, di indagini petrografiche e chimiche, che fino ad ora è stato compiuto soltanto sulle metavulcaniti a chimismo andesitico riferibili all'episodio intermedio (CORTESOGNO et al., 1982). Gli autori si sono pertanto proposti di completare le loro ricerche approfondendo l'esame dei prodotti dei due eventi nei quali è inquadrato quello intermedio.

La presente nota è dedicata in particolare all'integrazione dei dati già forniti (CORTESOGNO et al., 1981, pp. 233-234, 242-243, 247-250) sulle metarioliti delle manifestazioni precoci.

Rinviando per l'inquadramento geologico e per i dettagli petrografici e chimici al predetto lavoro, ricorderemo che le metarioliti in oggetto si trovano prevalentemente nel Brianzese intermedio-interno (unità di Mallore) e subordinatamente in quello interno (unità di Pamparato-Murialdo), mentre non si hanno affioramenti relativi ai settori più esterni.

Nell'ambito del tegumento permo-carbo-

nifero discordante sul basamento « ercinizzato » le metavulcaniti in questione sono state rinvenute:

a) interposte tra i Paragneiss di Lisio (metasedimenti arcocici grossolani con intercalazioni di probabili piroclastiti acide di età non precisabile: namuriana-westfaliana inferiore?) e la Formazione di Ollano (metasedimenti da grossolani a fini, di ambiente verosimilmente lacustre, del Westfaliano superiore-Stefaniano) e, in altre zone, gli Scisti di Viola (metasedimenti essenzialmente fini, associati a prodotti lavici e piroclastici a chimismo intramedio, ritenuti del Carbonifero superiore-Permiano basale?);

b) intercalate in livelli sottili (qualche decina di metri al massimo) entro la Formazione di Ollano, nella quale risultano spesso rimaneggiati sotto forma di clasti centimetrici; all'interno della Formazione di Ollano esistono inoltre sottili livelli di probabili tuffi riolitiche e di breccie piroclastiche forse parzialmente rimaneggiate.

Il presente lavoro ha preso in esame, oltre ad altri clasti di vulcaniti campionati nella Formazione di Ollano, il grosso affioramento di metarioliti esistente a N di Osiglia, per il quale i dati contenuti nel Foglio Albenga-Savona (92-93) della Carta Geologica d'Italia e nelle relative note illustrative (BONI et al., 1971) indicavano, in forma dubitativa, un'età permiana ed una conseguente posizione cronostratigrafica equivalente a quella dei Porfroidi del Melogno. È stato quindi anzitutto necessario un rilevamento di dettaglio condotto con i metodi dell'analisi strutturale per verificare la collocazione stratigrafica predetta e per stabilire, di conseguenza, con quale dei due gruppi di rocce a carattere riolitico (« manifestazioni precoci », oppure « attività principale ») i « Porfidi » dovevano essere correlati.

La prima parte del presente lavoro riporta i risultati di tale studio strutturale, in base ai quali è stato accertato che i « Porfidi » di Osiglia non sono confrontabili con i Porfroidi del Melogno, poichè sottostanno stratigraficamente ad almeno una parte della Formazione di Ollano, ed occupano quindi una posizione che ne indica invece la correlabilità con le Metarioliti di C. Lisetto.

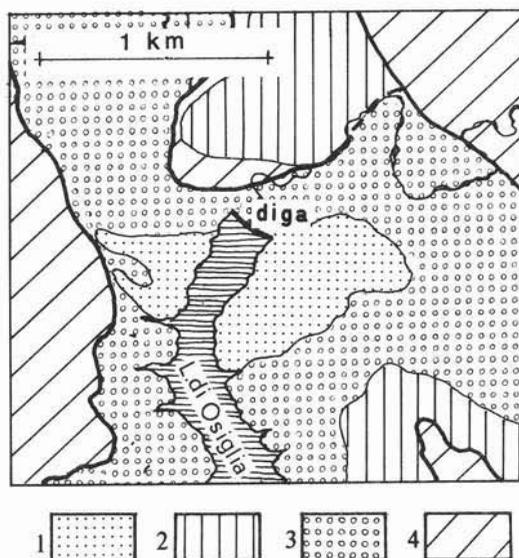


Fig. 1. — Carta geologica dell'affioramento dei « Porfidi » di Osiglia, tratta dalla II edizione del Foglio Albenga-Savona della Carta Geologica d'Italia, modificata. - 1 = « Porfidi » di Osiglia; 2 = Scisti di Gorra (metasedimenti fini del Permo-Carbonifero); 3 = Formazione di Ollano (metaconglomerati, meta-areniti e filladi del Carbonifero superiore); 4 = Formazione di Murialdo (filladi e rare meta-areniti del Carbonifero superiore). Le linee a tratto ispessito indicano i principali contatti tettonici.

Sulla scorta di tali acquisizioni preliminari, sono stati quindi sviluppati indagini e confronti petrografici e geochemici, riferiti nella seconda parte della presente nota.

2. I « Porfidi » di Osiglia

2.1. Assetto strutturale

Alla scala macroscopica è riconoscibile in diversi punti una scistosità sub-millimetrica, estremamente penetrativa, nella quale giace la lineazione di stretching dei fenoclasti di quarzo e feldspato.

Come già osservato in tutte le altre formazioni del Brianzonese ligure interno (CORTESSO et al., 1981; MESSIGA et al., 1981; MENARDI NOGUERA, 1982; VANOSSE e GOSSO, 1983) tale foliazione è in realtà multipla (S_{1+2}) in quanto alla mesoscala esistono evidenze di una prima scistosità piegata isoclinamente, con nascita di una nuova foliazione di piano assiale, quasi sempre parallela

Le foliazioni anzidette caratterizzano tutti i terreni del Brianzonese interno e, alla scala regionale, sono state correlate ad una prima fase multipla ($S_1 + S_2$), avanvergente e ad una successiva fase (S_3) retrovergente, tutte con assi grossolanamente orientati in direzione E-W (o ESE-WNW).

I rapporti tra «Porfidi» - «metasedimenti» si realizzano nel modo seguente.

Ai due limiti meridionale e settentrionale le due formazioni risultano geometricamente concordanti, secondo la foliazione multipla (S_{1+2} dei « Porfidi » e S_L dei metasedimenti).

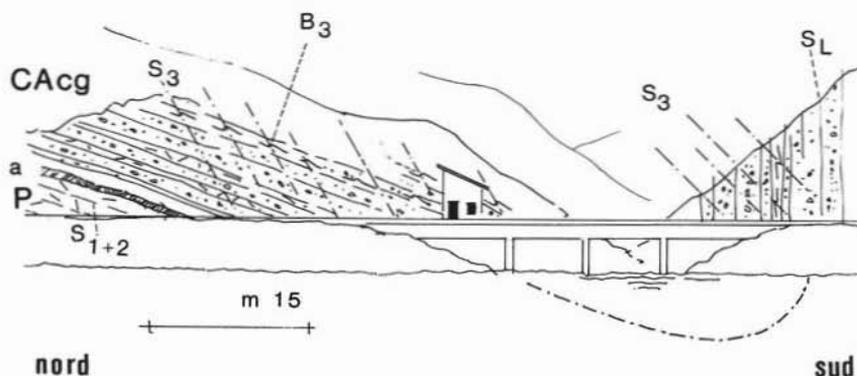


Fig. 3. — Schema dei rapporti tra «Porfidi» (P) e sedimenti della Formazione di Ollano (CAcg) al margine meridionale dell'affioramento dei «Porfidi». - a = zona cataclastica; per le altre sigle si veda il testo.

Rispetto alla giacitura regionale (immersione mediamente a S) il clivaggio S_3 presenta, nell'area in questione, variazioni notevoli: al margine settentrionale dell'affioramento dei « Porfidi » esso immerge globalmente a N ed appare, alla mesoscala, blandamente deformato in pieghe molto aperte, cui sono associati due clivaggi coniugati di frattura, mal regolati ed a spaziatura sub-metrica, aventi direzione E-W; di questi due sistemi, quello immergente a N (S_4) appare il meglio sviluppato e pervasivo, essendo praticamente riscontrabile in tutti i metasedimenti che circondano i « Porfidi », anche al limite meridionale di questi ultimi.

Infine, l'immersione delle superfici S_3 ed S_L presenti nella Formazione di Ollano ruota progressivamente, passando dal limite meridionale dei « Porfidi » a quello orientale, da SSE a E, evidenziando una deformazione duttile alla quale non sembra associato alcun clivaggio e della quale non è possibile stabilire i rapporti cronologici rispetto alla S_4 . In base a considerazioni regionali (VANOSI e GOSSO, 1983), si può ipotizzare che essa sia posteriore alla S_4 e rappresenti la manifestazione della fase tardiva grossolanamente N-S (« fase appenninica »).

In particolare, al limite meridionale i metasedimenti sono chiaramente sovrapposti ai « Porfidi », la cui posizione sommitale, per uno spessore di qualche metro, è interessata da fenomeni di clastesi, probabilmente recenti, sviluppati parallelamente al contatto. I criteri di polarità sedimentaria — qui ancora riconoscibili entro la Formazione di Ollano — indicano che quest'ultima giace sui « Porfidi » in successione diritta (fig. 2). Nello stesso senso parlano i criteri di polarità strutturale (inclinazione della S_1 sulla S_L ; asimmetria delle pieghe parassite B_3 osservabili nei livelli più sottili e duttili), congruenti su entrambi i lati di una sinclinale decametrica che si sviluppa immediatamente a tetto dei « Porfidi » (fig. 3).

In corrispondenza del contatto settentrionale la foliazione multipla S_{1+2} appare nei metasedimenti molto più penetrativa; l'appiattimento dei clasti è assai più pronunciato; inoltre, alla mesoscala è possibile individuare alcune pieghe B_2 intrafoliari: non è quindi riconoscibile con sicurezza la polarità sedimentaria. Per contro, l'asimmetria delle mesopieghe B_3 e le relazioni di giacitura tra la loro foliazione di piano assiale S_3 e la più vecchia foliazione multipla S_{1+2} indicano

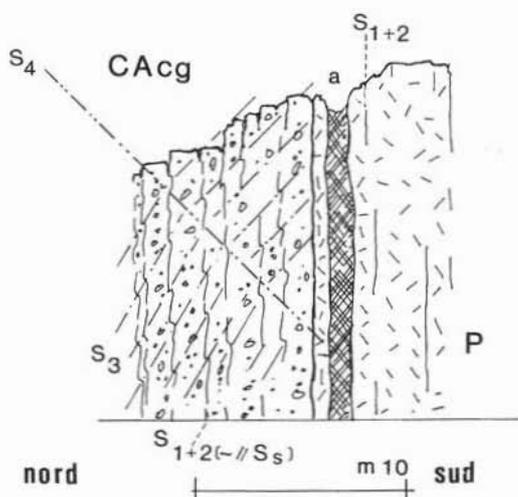


Fig. 4. — Schema dei rapporti tra « Porfidi » (P) e sedimenti della Formazione di Ollano (CAcg) al margine settentrionale dell'affioramento dei « Porfidi ». - a = zona cataclastica; per le altre sigle si veda il testo.

che i « Porfidi » si trovano al tetto geometrico della successione (fig. 4).

Il grosso affioramento dei « Porfidi » di Osiglia si trova dunque intercalato entro la Formazione di Ollano, che gli sta stratigraficamente a tetto al limite meridionale e geomorficamente a letto a quella settentrionale. Non disponendo per quest'ultimo dei criteri di polarità sedimentaria, non siamo in grado di stabilire se i metasedimenti del settore settentrionale rappresentino una successione diritta, o ribaltata.

Nel primo caso i « Porfidi » costituirebbero una grossa lente intercalata alla Formazione di Ollano, analoga alle altre, di dimensioni molto minori, già segnalate in precedenza (CERRO et al., 1970; CORTESOGNO et al., 1981).

Nel secondo caso i « Porfidi » sarebbero più antichi e si troverebbero al nucleo di una piega chilometrica (B_1 o B_2), di cui i metasedimenti del settore settentrionale rappresenterebbero l'ala ribaltata; in questa ipotesi essi avrebbero verosimilmente la stessa posizione stratigrafica occupata dalle metarioliti affioranti nella zona del massiccio di barbasiria, ove esse risultano sostanzialmente interposte tra i Paragneiss di Lisio e la Formazione di Ollano (CORTESOGNO et al., 1981).

Una scelta sicura tra le due ipotesi non

sembra possibile, ma alcuni indizi lasciano preferire la prima.

— Nei metasedimenti situati a N dei « Porfidi », benchè non siano stati rinvenuti clasti riolitici, sono presenti alcune lenti plurimetriche di « Porfidi », interpretabili più facilmente come originarie intercalazioni che come cerniere di pieghe parassite radicate.

— Le litofacies osservate e campionate nei « Porfidi » lungo una sezione N-S mostrano una sostanziale monotonia (cfr. paragr. 2.2.); tuttavia, la distribuzione « polare » degli xenoliti (maggiori nella porzione settentrionale dell'affioramento) appare in favore della mancanza di raddoppi chilometrici nei « Porfidi ».

— Nell'ipotesi che i « Porfidi » fossero stratigraficamente sottostanti alla Formazione di Ollano, anzichè intercalati in essa, si sarebbe verificato un loro scollamento completo dal substrato, in contrasto con le condizioni osservate a Barbassiria, dove il complesso Ortogneiss-Paragneiss-Metarioliti appare unitario, la superficie di scollamento essendo invece situata verso la base della Formazione di Ollano.

Sulla base degli elementi raccolti e discussi la struttura complessiva dell'affioramento dei « Porfidi » e dei metasedimenti può essere ricostruita come appare nella fig. 5.

In conclusione, riteniamo accertato che i « Porfidi » di Osiglia siano coevi o, meno probabilmente, più antichi della Formazione di Ollano; di conseguenza, tenuto conto che, in ogni caso, essi non mostrano tracce di eventi metamorfici prealpini (v. paragr. 2.3), la loro età risulta carbonifera superiore, anzichè permiana.

Con tale attribuzione cronostatigrafica, i « Porfidi » di Osiglia divengono quindi correlabili con le Metarioliti di Case Lisetto, con le quali presentano consistenti analogie petrografiche e chimiche (v. paragr. 2.2 e 4).

2.2. Caratteri ignei

I « Porfidi » di Osiglia sono costituiti da una massa sostanzialmente omogenea, in cui sono riconoscibili caratteri tipici di rocce ignimbriche; l'omogeneità della massa è interrotta soltanto da sottili livelli profondamente sericitizzati.

La roccia presenta nella maggior parte dei casi aspetto molto massiccio, solo localmente interessata da deformazioni penetrative evidenti.

Le tessiture ignee sono generalmente ben conservate ed in molti casi sono conservate anche a livello di microstruttura. L'indice di porfiricità è mediamente elevato (30-40 %) con rari massimi fino all'80 %; i fenocristalli sono costituiti da quarzo e K-feldspato preva-

e spesso fenomeni di riassorbimento; può includere microfenocristalli idiomorfi di plagioclasio o di quarzo; questi ultimi, comunemente biterminati, possono a loro volta presentare strutture di riassorbimento od anche di crescita granofirica.

Il plagioclasio (1-3 mm), poco abbondante (generalmente non oltre il 7 %), si presenta in individui subidiomorfi od in strutture glomeroporfiriche, anche con K-feldspato; ne-

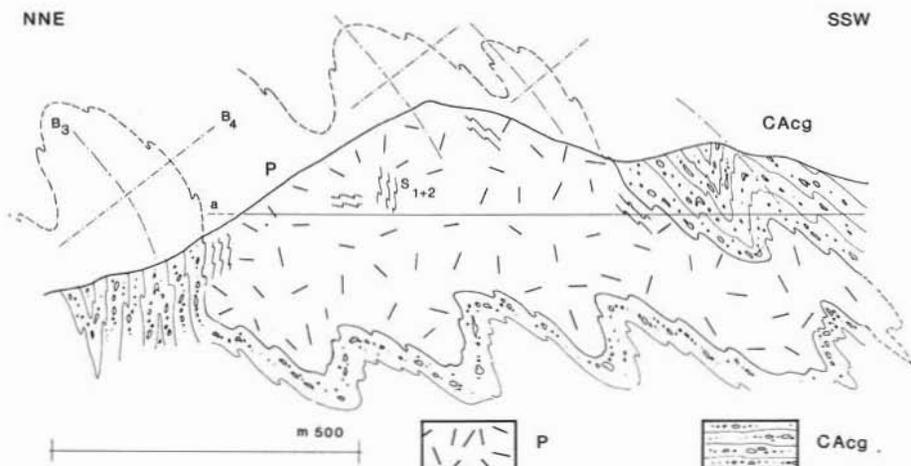


Fig. 5. — Sezione schematica interpretativa della struttura dei « Porfidi » di Osiglia (P) e dei metasedimenti (CAcg) che li avvolgono. Le superfici piegate e/o crenulate sono le foliazioni multiple ($S_{1,2}$ nei « Porfiroidi » e $S_1 = S_1 + S_{1,2}$ nei metasedimenti); per semplicità non sono indicate le superfici S_a e S_1 , rispettivamente associate alle pieghe B_a (retrovergenti) ed alle tardive B_1 (avanvergenti?). La forma del limite superiore dei « Porfidi » è ricostruita sulla base delle mesostrutture osservate, in parte inserite nel disegno, sia al di sotto che al di sopra della traccia della superficie topografica. Quella del limite inferiore, a parte il tratto affiorante a Nord, è invece completamente ipotetica. Parimenti ipotetica è l'ubicazione della chiusura verso Sud dei « Porfidi », disegnata in modo che possa corrispondere sia ad un'originaria lente (ipotesi da noi favorita), sia ad una cerniera di piega (B_2 , o, eventualmente, B_1).

lenti e subordinati biotite e plagioclasio (probabilmente in origine oligoclasio). Zirconio ed apatite sono accessori frequenti e raramente compaiono piccoli individui scheletrici di ilmenite. Fasi opache in granuli molto fini sono frequenti e, specie nei livelli rimaneggiati, è presente pirite di genesi sicuramente precinematica.

Il quarzo, in individui spesso biterminati (2-10 mm), ma, specie in alcuni livelli, anche in schegge e frammenti, presenta marcate strutture di riassorbimento, meno frequentemente nuclei di quarzo riassorbito sono circondati da sottili corone granofiriche.

Il K-feldspato, tendenzialmente idiomorfo (3-15 mm), presenta strutture protoclastiche

gli aggregati glomeroporfirici è spesso presente una isorientazione dei cristalli.

La biotite, localmente abbastanza abbondante (fino ad oltre il 10 %), si presenta in individui euedrali, talvolta parzialmente sostituiti da ossidi ed include apatite, spesso molto abbondante (fino al 20-30 % in volume del granulo includente), e zirconio.

Brandelli originariamente pomicei, di dimensioni da millimetriche a centimetriche, generalmente molto appiattiti, sono frequenti e talora molto abbondanti; presentano spesso colorazione sensibilmente più scura della matrice includente, possono contenere fenocristalli di biotite, talvolta abbondanti, e più scarsi microfenocristalli di quarzo e plagio-

clasio e conservano le originarie strutture vescicolari stirate.

Nella matrice sono talvolta riconoscibili strutture eutassitiche con frammenti vetrosi appiattiti e stirati plasticamente durante processi di compattazione. Rare cavità miarolitiche molto appiattite sono riempite da albite secondaria.

Pomici e fenocristalli possono evidenziare una foliazione e, talvolta, una lineazione primaria.

In altri casi (specie verso il basso stratigrafico e verso i settori settentrionali) i fenocristalli, sempre molto grandi ed abbondanti, appaiono immersi in una matrice omogenea e compatta, microcristallina, attraversata da una trama più o meno fitta di venule anastomosate prevalentemente sericitiche; tale struttura può ricordare quella descritta per lave brecciate associate ad ignimbriti.

Localmente la distribuzione dei fenocristalli evidenzia una gradazione dimensionale; simili fenomeni di classazione, verificatisi verosimilmente durante la messa in posto dell'ignimbrite, sono stati osservati anche e con maggiore evidenza in alcuni livelli a grandi fenocristalli di K-feldspato nei Porfiroidi del Melogno.

Talora matrice e « fiamme » risultano trasformate in aggregati di miche sericitiche e quarzo; questo tipo di processo, che interessa scarsamente i fenocristalli, sembra dovuto in origine all'attività di fluidi entro il corpo ignimbritico.

Per quanto non comuni sono presenti inclusi enallogeni di dimensioni variabili (5-30 cm) appartenenti a due diverse classi tipologiche.

I più frequenti sono probabili metapeliti costituite da un feltro fine di miche bianche con subordinati piccoli porfiroblasti biotitici, titanite diffusa e quarzo microgranulare in sottili banderelle verosimilmente ereditate dalla originaria struttura sedimentaria.

Eccezionalmente sono stati osservati inclusi di scisto biotitico granatifero non molto dissimili da quelli presenti al contatto, o come inclusi, di rocce granitiche nel cristallino di Savona (MESSIGA et al., 1977) e di Pallare.

2.3. Caratteri metamorfici

La ricristallizzazione, come le deformazioni, è in genere molto modesta; le parti vetrose sono trasformate in aggregati da criptocristallini a finemente granoblastici di quarzo, albite, mica bianca e fasi opache, più raramente con stilpnomelano, clorite, epidoto. Il plagioclasio è completamente trasformato in albite e mica bianca; la biotite può essere parzialmente sostituita da clorite \pm titanite \pm epidoto \pm stilpnomelano \pm biotite di neoformazione, eccezionalmente cloritoide, mentre limitatamente al settore prossimo alla diga è pseudomorfo da clinopirosseno sodico (Jd 7-10 %, Ac 9-15 %).

Il K-feldspato è un microclino con strutture micropertitiche che presentano due diverse tipologie: micropertiti a nastri, più rare, precinematiche che rappresentano verosimilmente le fasi di smiscolamento in condizioni tardo-magmatiche e micropertiti a piccoli individui eudrali di albite di genesi sin-postcinematica.

Nelle facies più intensamente ricristallizzate il K-feldspato può essere parzialmente sostituito da albite a scacchiera e/o aggregati granoblastici di quarzo. In queste facies la scistosità S_{1+2} è evidenziata da miche bianche lepidoblastiche, dalla rotazione del K-feldspato e dalla ricristallizzazione del quarzo in aggregati granoblastici indentati.

Albite, miche bianche, stilpnomelano, clorite e forse epidoto e cloritoide hanno fasi di cristallizzazione sia nell'intervallo tra le due fasi deformative S_1 e S_2 che in condizioni sin-postcinematiche rispetto alla S_2 .

La successiva fase deformativa provoca ondulazioni e talvolta crenulazione (S_3) della scistosità principale inducendo fenomeni di ricristallizzazione molto modesti.

3. I clasti di metavulcaniti nella Formazione di Ollano: dati geologici e petrografici

Si tratta di clasti, di taglia pluricentimetrica, con indice di forma non molto elevato, che si rinvencono sporadicamente nei litotipi metaconglomeratici, nei quali appaiono sempre molto subordinati rispetto ai clasti quarzosi, predominanti.

Sulla base delle ricerche condotte, la loro

distribuzione è prevalente negli affioramenti settentrionali, mentre le taglie non mostrano variazioni regionali, a differenza di quanto è possibile osservare (VANOSI, 1970) per altri gruppi di clasti.

Solo localmente i clasti riolitici risultano molto abbondanti; in tali casi è possibile osservare una transizione da metaconglomerati verso livelli piroclastici composti da elementi grossolani frammisti a ceneri e più o meno rimaneggiati, ciò che può essere interpretato come dimostrazione della contemporaneità tra attività vulcaniche e sedimentazione. Una indiretta conferma di tale fatto è fornita dall'assenza di metamorfismo ercino nei clasti vulcanici, che debbono pertanto derivare da vulcaniti post-sudetiche.

Dal punto di vista petrografico i clasti manifestano una maggiore disomogeneità rispetto ai « Porfidi » di Osiglia e alle Metarioliti di Case Lisetto. Le strutture relitte sembrano riconducibili nella maggior parte dei casi ad originarie tessiture vitrofiriche con indice di porfiricità molto variabile (da 10 a 80 %) con fenocristalli spesso seriatati e di taglia non molto grande (0,1-10 mm); la matrice è fine, omogenea, spesso ricca di microiliti feldspatici ben riconoscibili.

La composizione corrisponde a quella di rioliti e riodaciti, ma, tranne in pochi campioni, il contenuto in fenocristalli si differenzia da quello dei « Porfidi » di Osiglia e delle Metarioliti di C. Lisetto per le più alte percentuali in plagioclasio rispetto al K-feldspato, quest'ultimo talvolta molto scarso. Anche il contenuto in fenocristalli di biotite è frequentemente più elevato ed in qualche caso la biotite può rappresentare la fase prevalente. Apatite, anche abbondante, titanite e zirconio sono accessori comuni.

Le intercalazioni di metarioliti nella Formazione di Ollano sembrano derivare da originari livelli di natura piroclastica, probabilmente cineriti con scarsi fenocristalli di quarzo, biotite, plagioclasio, K-feldspato ed apatite e zirconio quali accessori. Nei livelli più spessi sono presenti grossi elementi lavici in cui la matrice conserva tracce di assetto fluidale. I caratteri composizionali sembrano analoghi a quelli riscontrati nei clasti. Entro questi livelli sono talvolta inclusi frammenti di rocce intrusive a composizione dioritica o granodioritica.

4. Caratteri chimici e considerazioni petrogenetiche

Nei « Porfidi » di Osiglia, come pure nelle intercalazioni e nei clasti entro la formazione di Ollano, sono stati selezionati per l'indagine chimica campioni rappresentativi di composizioni laviche (singole « fiamme » o campioni di roccia porfirica a matrice microcristallina), per quanto possibile esenti da evidenze di mobilitazioni secondarie. Al contrario i campioni delle Metarioliti di Case Lisetto, di cui si riportano dati comparativi, rappresentano, per le caratteristiche petrografiche dell'affioramento composizioni medie della massa rocciosa (fiamme + matrice).

Le analisi confermano la notevole omogeneità composizionale dei « Porfidi » di Osiglia, evidenziata anche dai diagrammi — non riportati per brevità — *AL-PF-KNC* (DE LA ROCHE, 1975), *Al/3-K* vs. *Al/3-Na* (DE LA ROCHE, 1968) e *ACF-A'KF* (WINKLER, 1967). Tale omogeneità, assieme ai valori di corindone normativo, costanti e «normali» per rocce di questo tipo, suggerisce che processi di argillificazione e/o lisciviazione idrotermale, come pure altre modificazioni secondarie dell'originario chimismo, siano sostanzialmente trascurabili.

I valori normativi vedono una prevalenza di quarzo, ortoclasio e albite, che insieme costituiscono in genere circa il 90 % della roccia, accanto a bassi valori di anortite (valore massimo 4,8 %) e a una significativa presenza di apatite; tali valori sono anche in buon accordo con le percentuali modali calcolate sulla base dei fenocristalli in campioni con alto indice di porfiricità. Queste composizioni riportate nel diagramma quarzo-albite-ortoclasio (fig. 6 a) mostrano una concentrazione dei punti attorno alla linea coettica e, prevalentemente, nel campo dell'ortoclasio. Ciò è in contrasto con le osservazioni petrografiche che indicano quarzo e plagioclasio come prime fasi leucocrate a cristallizzare. È pertanto probabile che la cristallizzazione intratellurica dei fenocristalli si sia verificata a pressioni più elevate.

I dati indicano composizioni essenzialmente riolitiche (DE LA ROCHE et al., 1980) e un carattere calcocalino (fig. 6 b e c) con contenuti in K_2O piuttosto elevati e analoghi a quelli di serie calcocaline da moderata-

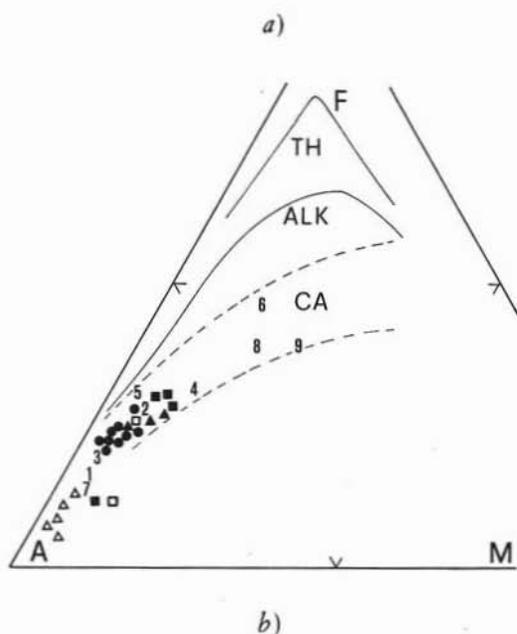
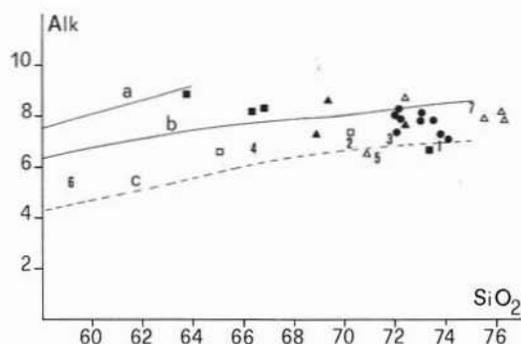
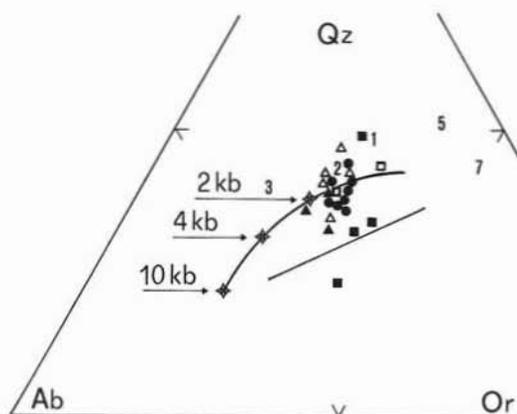


Fig. 6. — a) Diagramma Quarzo-Albite-Ortoclasio con indicate la linea degli eutettici ternari fino a 10 kbar (TUTTLE e BOWEN, 1958) e la linea cotettica a più alte pressioni (WINKLER e GHOSE, 1973).

b) Diagramma AFM. I trends delle serie tholeiitiche (TH), alcalibasaltiche (ALK) e calcalcine (CA) sono tratti da RINGWOOD (1974).

c) Diagramma Silice-Alcali. Le curve sono tratte: a da IRVINE e BARAGAR (1971), b e c da KUNO (1968). - Simboli: ● = « Porfidi » di Osiglia; ■ = clasti di metavulcaniti nella Formazione di Ollano; □ = intercalazioni metavulcanitiche nella Formazione di Ollano; ▲ = Metarioliti di Case Lisetto; △ = Metarioliti di Barbassiria.

Per un confronto con gli altri prodotti del vulcanismo tarde-ercinico del Brianzese ligure sono riportati i valori medi di: da 1 a 7 = Porfiroidi del Melogno, nell'ordine litozone A, B₁, B₂ termini acidi, B₂ termini femici, C termini acidi, C intercalazioni femiche, D; 8 = metavulcaniti di Eze; 9 = metavulcaniti di Calizzano (CORTESOGNO et al., 1982, 1983).

mente alte ad alte in potassio (BARBERI et al., 1974). L'affinità in riferimento al limite di IRVINE e BARAGAR (1971) è subalcalina. I valori del rapporto K_2O/Na_2O variano da 1,33 a 1,58.

Per quanto concerne gli elementi in tracce Zr e Hf presentano, a corrispondenti tenori in silice, concentrazioni comparabili a quelle riportate per alcune rocce granitiche e quarzo-porfiriche (KHALIL et al., 1978); i valori del rapporto Zr/Hf variano da 16 a 26. I tenori di U sono complessivamente normali, mentre quelli in Th sono particolarmente elevati sia in relazione a graniti di complessi

plutonici (KHALIL et al., 1978) che a ignimbriti riolitiche (CAMERON e HANSON, 1982). Il valore del rapporto Th/U, riferito a quello medio di 3,5 della crosta continentale (TAYLOR, 1965), è generalmente elevato: si osservano infatti valori fino a oltre 7, comparabili con quelli di alcuni graniti Caledoniani evoluti (HENNESSY, 1981). Valori complessivamente normali del rapporto K/U (in media circa 5000) sembrano escludere impoverimenti in uranio.

La distribuzione delle terre rare (fig. 7) presenta (ad eccezione del campione 2796A

TABELLA 1

Composizione chimica e norma C.I.P.W.
dei « Porfidi » di Osiglia

	2797	2784	2785	2791	2792	2795A	2796A	2796B	2795B
SiO ₂	72.09	73.74	72.06	74.17	72.93	73.49	73.05	72.29	72.14
TiO ₂	.40	.57	.61	.35	.39	.42	.43	.36	.37
Al ₂ O ₃	13.79	13.97	13.38	12.66	13.02	13.01	12.95	13.62	13.77
Fe ₂ O ₃ *	2.74	2.33	2.62	2.59	2.93	2.62	2.90	3.40	2.71
MgO	.56	.29	.48	.73	.66	.43	.59	.56	.60
CaO	.83	.80	.90	1.07	.74	.95	.93	1.10	.98
Na ₂ O	3.13	3.15	3.29	2.68	3.11	3.09	3.32	2.95	3.17
K ₂ O	4.77	4.19	5.10	4.24	4.89	4.77	4.67	4.39	4.83
P ₂ O ₅	.20	.13	.12	.19	.14	.12	.11	.10	.11
L.O.I.	1.18	1.36	1.35	1.10	1.13	1.05	1.07	1.12	1.24
Tot.	99.69	100.53	99.91	99.78	99.94	99.95	100.02	99.89	99.92
NORME C.I.P.W.									
Qz	33.38	37.61	31.08	39.30	33.71	34.76	33.10	35.07	32.32
Or	28.18	24.76	30.13	25.05	28.89	28.18	27.59	25.94	28.54
Ab	26.47	26.64	27.83	22.67	26.30	26.13	28.08	24.95	26.81
An	2.81	3.12	3.68	4.07	2.76	3.93	3.89	4.80	4.14
C	2.45	3.11	1.10	2.17	1.60	1.33	1.01	2.26	1.81
En/Hf	1.39	.72	1.19	1.82	1.64	1.07	1.47	1.39	1.49
Fs/Hy	.47	.02	.08	.50	.57	.39	.50	.81	.51
Mt	1.99	1.70	1.90	1.88	2.13	1.90	2.10	2.46	1.96
Il	.76	1.08	1.16	.66	.74	.80	.82	.68	.70
Ap	.46	.31	.28	.45	.33	.28	.26	.24	.26

Analisi effettuate secondo BASSO e MAZZUCOTELLI (1975).

caratterizzato da anomalia negativa) una leggera anomalia positiva in Eu, carattere questo riscontrato anche nelle metavulcaniti a chimismo andesitico di Calizzano (CORTESOGNO et al., 1982). Si osserva inoltre un arricchimento in LREE rispetto a HREE (rapporti La/Yb molto prossimi o superiori a 10) e un frazionamento relativo delle LREE (La_N/Sm_N in media superiore a 5), mentre le HREE presentano valori del rapporto Tb_N/Yb_N in genere leggermente superiori a 1 ad indicare limitato frazionamento.

Il chimismo dei clasti e delle intercalazioni vulcaniche nella Formazione di Ollano, nonostante l'accurata selezione dei campioni, potrebbe aver risentito, data la particolare giacitura, di un certo grado di inquinamento (incipienti processi di alterazione, reazioni di scambio con i materiali sedimentari includenti, ecc.). Ciò potrebbe trovare corrispondenza nella presenza di valori di corindone normativo relativamente elevati e di un certo grado di dispersione di alcuni valori nei

TABELLA 2

« Porfidi » di Osiglia:
dati relativi agli elementi in tracce

	2797	2784	2785	2791	2792	2795A	2796A	2796B	2795B
Zr	190	196	184	140	190	144	284	171	146
Hf	7.2	7.9	7.4	7.4	7.2	8.6	7.3	6.5	7.5
Th	51.4	55.3	52.3	50.7	51.4	53.2	51.9	46.7	50.4
U	7.9	7.3	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	7.9	8.2
Th/U	6.5	7.6	6.9	6.6	6.5	6.6	6.3	5.9	6.1
Zr/Hf	26.4	24.8	24.8	18.9	26.4	16.7	16.5	26.3	19.5
La	41	40	44	45	41	39	42	39	47
Ce	89	90	98	96	89	84	91	82	102
Nd	42	46	58	49	42	54	49	32	49
Sm	4.4	4.7	5.0	5.8	4.4	5.9	7.3	5.2	7.1
Eu	1.62	2.89	1.99	2.05	1.62	2.22	1.45	1.54	1.84
Tb	.71	1.31	.95	1.30	.95	1.45	.95	.71	1.69
Yb	2.55	4.93	2.72	4.09	3.06	4.31	2.68	2.10	4.51
Lu	.22	.48	.39	.49	.22	.47	.39	.17	.21
La _N /Sm _N	6.52	6.05	6.13	5.36	6.52	4.64	5.72	5.20	4.71
Tb _N /Yb _N	2.14	.90	1.19	1.08	1.06	1.16	1.89	1.17	1.26
Eu/Eu*	1.19	1.76	1.38	1.05	1.13	1.13	.72	1.00	1.09
La/Yb	16.08	8.11	16.18	11.00	13.40	9.05	15.67	18.57	10.42

Analisi mediante INAA e RNAA (BENEDETTI et al., 1977 a, 1977 b e relative bibliografie).

diversi diagrammi. Sul diagramma albite-ortoclasio-quarzo i punti rappresentativi risultano maggiormente dispersi rispetto alla linea cotettica (fig. 6 a) e più spostati verso il K-feldspato rispetto ai « Porfidi » di Osiglia. Quest'ultimo fatto, in contrasto con i valori modal, è dovuto alle elevate percentuali di biotite di cui non tiene conto il calcolo normativo.

I dati chimici (tabb. 3 e 4) indicano comunque un carattere ancora calcalkalino (fig. 6 b e c) con composizioni da riolitiche a riolitiche (DE LA ROCHE et al., 1980). I contenuti in K₂O sono più elevati che nei « Porfidi » di Osiglia, come pure quelli in TiO₂ e P₂O₅. I valori del rapporto K₂O/Na₂O variano da 1,39 a 2,33.

Ad una certa variabilità della composizione chimica principale fa riscontro una notevole costanza di alcuni parametri geochemici basati sui contenuti degli elementi in tracce. Mentre i tenori in Zr sono comparabili con quelli dei « Porfidi » di Osiglia, i tenori di Hf sono sensibilmente più bassi (in media circa 3) con conseguente aumento del rapporto Zr/Hf (in media oltre 70). Sostanzialmente normali i tenori in U e Th.

TABELLA 3

Intercalazioni metavulcanitiche e clasti di metavulcaniti nella Formazione di Ollano: composizione chimica e norma C.I.P.W.

	2689	2690	2947B	2947C	2947F	2948C
SiO ₂	65.33	70.44	73.44	63.58	66.43	66.61
TiO ₂	1.00	.22	.61	1.01	.74	.65
Al ₂ O ₃	22.05	13.71	13.65	16.97	14.85	15.15
Fe ₂ O ₃ *	1.02	3.01	1.04	4.36	4.16	4.42
MnO	.04	.06	.06	.09	.06	.05
MgO	.84	.69	.61	1.31	1.41	1.12
CaO	.62	1.66	.68	.76	.68	.69
Na ₂ O	1.98	2.94	2.21	3.74	2.75	3.06
K ₂ O	4.60	4.39	4.34	5.21	5.27	5.12
P ₂ O ₅	.06	.30	.30	.22	.44	.41
L.O.I.	2.27	2.51	2.81	2.63	3.06	3.25
Tot.	99.81	99.93	99.75	99.88	99.85	100.53
NORME C.I.P.W.						
Qz	33.81	32.37	42.47	18.49	27.69	26.84
Or	27.18	25.94	25.64	30.78	31.14	30.25
Ab	16.75	24.87	18.69	31.63	23.26	25.88
An	2.68	6.28	1.42	2.33	.50	.75
C	12.83	1.82	4.80	4.33	4.44	4.30
En/Hy	2.09	1.72	1.52	3.26	3.51	2.79
Fs/Hy		.98		1.00	.61	.88
Mt		2.19		3.16	3.02	3.20
Hm	.51		.52			
Il	1.06	.42	1.04	1.92	1.41	1.23
Ru	.44		.06			
Ap	.14	.71	.71	.52	1.04	.97

I contenuti e la distribuzione delle REE mostrano (fig. 8), rispetto ai « Porfidi » di Osiglia, minori contenuti totali, un frazionamento delle LREE leggermente inferiore (valore medio di $La_N/Sm_N = 4,4$) e analogo frazionamento delle HREE (di poco superiore all'unità il rapporto Tb_N/Yb_N). È inoltre presente una costante anomalia negativa in Eu, minore nelle intercalazioni, molto netta nei clasi (Eu/Eu^* compreso tra .14 e .74).

I clasti e le intercalazioni nella Formazione di Ollano, tenuto conto dei possibili effetti di mobilitazione chimica, presentano buone analogie con altre manifestazioni dell'attività

TABELLA 4

Intercalazioni metavulcanitiche e clasti di metavulcaniti nella Formazione di Ollano: dati relativi agli elementi in tracce

	2689	2690	2947B	2947C	2947F	2948C
Zr	121	224	205	227	288	116
Hf	1.8	3.6	2.6	2.9	4.1	1.6
Th	14	13	16	26	13	21
U	6.9	6.7	7.2	5.2	3.2	4.7
Sc	4.9	8.1	3.0	3.3	3.5	6.4
Th/U	2.0	1.9	2.2	5.0	4.1	4.5
Zr/Hf	67.2	62.2	78.8	78.3	70.2	72.5
La	27	33	20	26	19	30
Ce	41	46	63	43	69	63
Nd	26	27	20	17	33	26
Sm	5.7	4.1	3.8	2.9	4.6	4.4
Eu	.65	.95	.23	.41	.17	.57
Gd	4.49	5.79	3.85	2.88	4.80	4.51
Tb	.91	.96	.94	.45	.75	1.05
Yb	2.31	2.92	2.67	1.59	1.87	2.79
Lu	.24	.21	.23	.19	.23	.27
La_N/Sm_N	3.37	5.55	3.72	6.21	2.86	4.76
Tb_N/Yb_N	1.33	1.13	1.19	1.00	1.36	1.19
Eu/Eu*	.44	.74	.20	.46	.14	.46
La/Yb	11.82	11.45	7.49	16.35	10.16	10.75

vulcanica precoce quali le Metarioliti di C. Lisetto e di Barbassiria (CORTESOGNO et al., 1981) dalle quali si distinguono per un carattere leggermente più femico (evidenziato anche su base petrografica). Le metarioliti di C. Lisetto e Barbassiria presentano (dati non pubblicati) valori dei rapporti Th/U (in media rispettivamente circa 6 e circa 4) e Zr/Hf (compreso tra 40 e oltre 50) del tutto analoghi a quelli delle metavulcaniti della Formazione di Ollano. Anche i patterns di REE (fig. 9) evidenziano caratteri comuni: più bassi contenuti totali in REE, minori frazionamenti LREE/HREE e crescenti anomalie negative in Eu si riscontrano nelle Metarioliti di Barbassiria in corrispondenza dei più elevati valori di D.I.

I « Porfidi » di Osiglia, rispetto ai restanti prodotti dell'attività precoce, presentano indubbiamente alcuni caratteri particolari, che non trovano tuttavia riscontro neppure nei Porfiroidi del Melogno. Analogie composi-

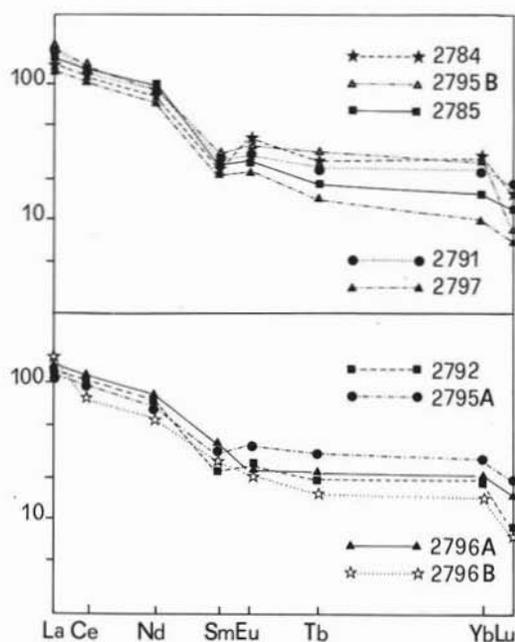


Fig. 7. — Distribuzione delle Terre Rare nei « Porfidi ». I valori sono normalizzati a quelli condritici utilizzando i dati di HASKIN et al. (1968).

zionali tra « Porfidi » di Osiglia e « Porfiroidi » possono essere riscontrate soltanto relativamente ad un litotipo ad ampia distribuzione, caratterizzato da elevato indice di porfiricità (litozona B₁; CORTESOGNO et al., 1984). Per il resto i Porfiroidi del Melogno sembrano caratterizzati da maggior frazionamento LREE/HREE, maggiori contenuti in Zr, Hf e minori contenuti in Th a parità di D.I. e da una significativa correlazione Eu/Ce-U/Th (dati non pubblicati).

In accordo con le osservazioni strutturali, i « Porfidi » di Osiglia sembrano pertanto meglio inserirsi nel contesto delle manifestazioni precoci del vulcanismo permo-carbonifero del Brianzone ligure interno.

Alcune differenze di chimismo tra i prodotti dell'attività precoce sono verosimilmente da porre in relazione anche con i differenti caratteri petrografici dei campioni analizzati. I clasti e le intercalazioni nella Formazione di Ollano sono costituiti infatti da elementi di lave con scarse tracce di bollosità in cui prevalgono fenocristalli delle prime fasi cristallizzate (biotite, plagioclasio, quarzo), men-

tre i campioni dei « Porfidi » di Osiglia erano in origine brandelli lavici con grado di bollosità variabile, ma probabilmente elevato, in cui i fenocristalli di K-feldspato e quarzo, abbondantissimi anche nella matrice, prevalgono su plagioclasio e biotite. I campioni delle Metarioliti di C. Lisetto rappresentano infine « ceneri » saldate con elevate percentuali in fenocristalli (quarzo-feldspato) e pomici.

La natura dei campioni analizzati e i possibili effetti di mobilizzazioni chimiche suggeriscono una certa cautela nella formazione di ipotesi petrogenetiche. In particolare risulta difficile l'impiego di elementi maggiori quali Na, F e Ca, maggiormente interessati da fenomeni di autometamorfismo e di mobilizzazione secondaria, i cui contenuti indicano inoltre un limitato « range » composizionale, ristretto a termini essenzialmente riolitici.

D'altra parte l'appartenenza dei punti rappresentativi dei campioni nel tetraedro Q-Ab-Or-An alla zona dei fusi di bassa temperatura, unitamente alla mancanza di rocce coeve a composizione intermedia e/o basica, è fortemente indicativa di processi di anatessi crostale.

I dati relativi alle terre rare sembrano confermare tale interpretazione.

La distribuzione delle REE nei clasti e nelle intercalazioni nella Formazione di Ollano può essere facilmente spiegata attraverso processi di fusione parziale di rocce metasedimentarie (rocce gneissiche, metapeliti, in accordo con la natura degli inclusi enallogeni); l'anomalia in Eu e la costanza dei tenori in HREE possono essere dovuti a presenza di plagioclasio ed assenza di granato e apatite nel residuo di fusione. Patterns simili in rocce granitiche sono stati del resto considerati indicativi di un'origine attraverso anatessi di rocce metasedimentarie (KOLJONEN e ROSENBERG, 1974; MCCARTHY e KABLE, 1978; PECCERILLO et al., 1970).

Anomalie positive in Eu, del tipo di quelle riscontrate nei « Porfidi » di Osiglia, e non comuni in rocce di questo tipo, sono state spiegate con modelli di fusione dinamica in feldspati (LANGMUIR et al., 1977; WOOD, 1979; VIDAL et al., 1982) o ipotizzando processi di fusione parziale controllati da apatite e/o orneblenda residuali, le sole fasi carat-

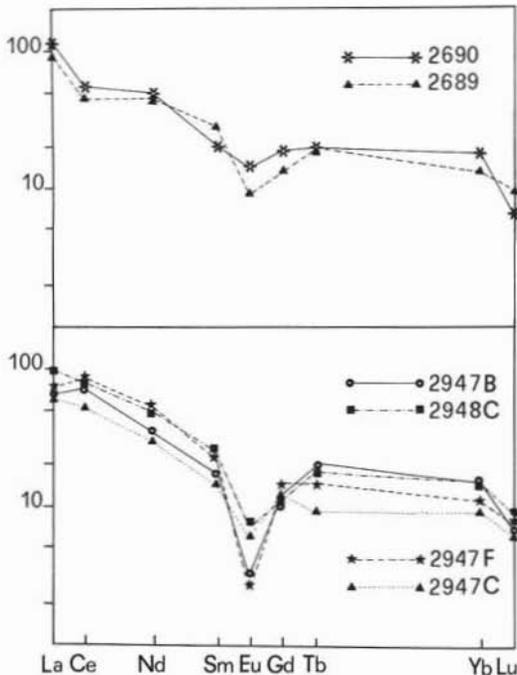


Fig. 8. — Distribuzione delle Terre Rare nelle intercalazioni metavulcanitiche (riquadro superiore) e nei clasti di metavulcaniti (riquadro inferiore) nella Formazione di Ollano.

terizzate da bassi valori di $K_{s/1}^{Eu}$ rispetto a Sm e Gd (ARTH, 1976; NAGASAWA, 1970; ARTH e BARKER, 1976). È peraltro possibile che l'apatite abbia giocato un ruolo fondamentale quale fase separata nel corso di limitati processi di frazionamento (ad es. da riocadite a riolite o nell'ambito di una stessa composizione riolitica), producendo in tal caso limitate anomalie positive in Eu (FOWLER e DOIG, 1983).

È infine necessario tener conto del ruolo che potrebbero aver giocato le fasi fluide, la cui attività sembra essere stata localmente importante (ad es. processi di sericitizzazione). Fluidi ricchi in F e particolarmente in Cl possono produrre perdite in soluzione di REE e U e incrementi delle anomalie negative in Eu (VIDAL et al., 1982). Analogamente processi di allontanamento in soluzione di Eu connessi ad albitizzazione dei plagioclasti e legati a contemporanea mobilizzazione di U sono funzione dello stato di ossidazione dei fluidi (FOWLER e DOIG, 1983).

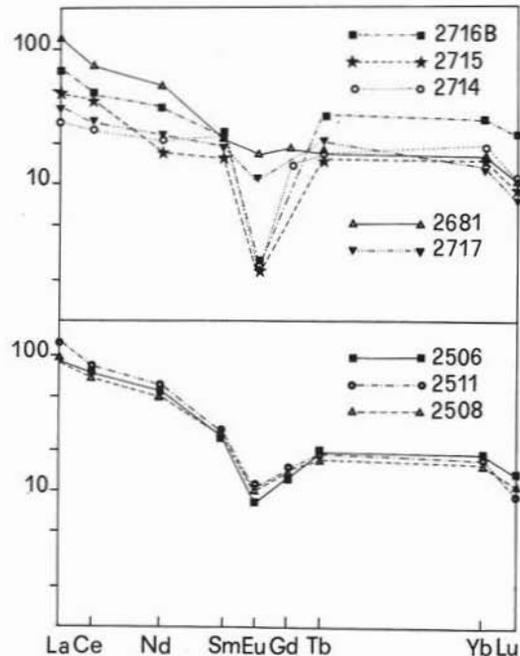


Fig. 9. — Distribuzione delle Terre Rare nelle Metarioliti di Barbassiria (riquadro superiore) e nelle Metarioliti di Case Lisetto (riquadro inferiore).

Su tali basi le anomalie osservate potrebbero essere imputate rispettivamente ad una perdita di Eu ad opera di fluidi ossidanti (intercalazioni e clasti nella Ollano) o ad interazione con fluidi ricchi in Eu («Porfidi» di Osiglia). Questa ipotesi sembra tuttavia in contrasto con il mancato impoverimento in U dei clasti e delle intercalazioni e non sembra spiegare l'arricchimento di Th in luogo di U nei «Porfidi». Va inoltre sottolineato che nelle diverse manifestazioni dell'attività precoce, Metarioliti di C. Lisetto e Barbassiria incluse, non è stata osservata l'esistenza di una correlazione positiva tra i rapporti Eu/Ce e U/Th, possibile indicatore di mobilizzazioni selettive ad opera di fluidi (FOWLER e DOIG, 1982). Tale correlazione è invece evidente nei Porfiroidi del Melogno (dati non pubblicati), dove assai più marcate e diffuse sono le evidenze di processi indotti da fasi fluide.

Nel complesso le manifestazioni precoci potrebbero essere riferite a fusione di materiale crostale, non necessariamente omogeneo, costituito da rocce prevalentemente metasedimentarie del basamento pre-varisco.

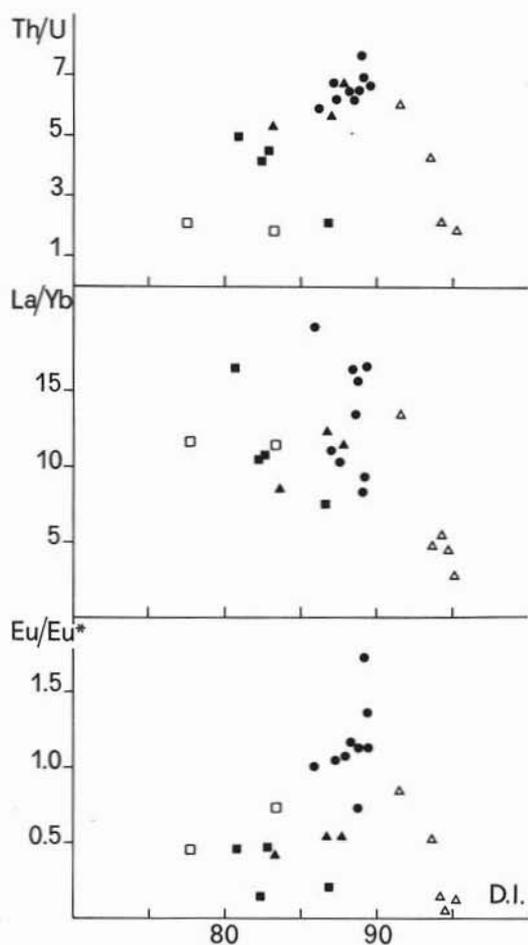


Fig. 10. — Variazione dei rapporti Th/U, La/Yb e Eu/Eu* in funzione di *D.I.*. Simboli come in fig. 6.

La composizione della sorgente, il grado di fusione, il ruolo svolto nel residuo da fasi quali plagioclasio, orneblenda, granato, apatite, nonché l'eventuale presenza di limitati processi di frazionamento potrebbero spiegare i caratteri geochemici osservati.

Sembra tuttavia da escludere un'origine comune delle diverse manifestazioni precoci attraverso fenomeni di frazionamento basati sulle fasi presenti (biotite, feldspato e apatite). Mancano infatti significative correlazioni lineari tra elementi igromagmatofili (U, Th, Hf) e un netto decremento di alcuni elementi di transizione (ad es. Ti). Inoltre la distribuzione di alcuni parametri geochemici

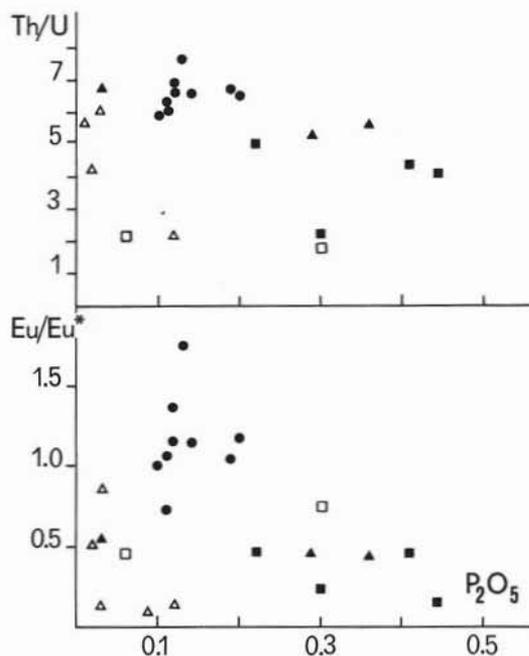


Fig. 11. — Variazione dei rapporti Th/U e Eu/Eu* in funzione di P_2O_5 %. Simboli come in fig. 6.

rispetto a *D.I.* (fig. 10) non è compatibile con tale ipotesi. Si osserva infatti, pur tenendo conto delle eventuali mobilizzazioni, un aumento dei rapporti Th/U e Eu/Eu* all'aumentare di *D.I.* e quindi una successiva diminuzione, mentre il rapporto La/Yb diminuisce all'aumentare di *D.I.*. D'altra parte i rapporti Th/U e Eu/Eu* diminuiscono, pur con andamenti diversi per le Metarioliti di Barbossiria da un lato e le restanti manifestazioni dall'altro, all'aumentare di P_2O_5 % (fig. 11).

5. Conclusioni

Le indagini strutturali condotte hanno consentito di mettere in evidenza che i « Porfidi » di Osiglia sono coinvolti, insieme con i metasedimenti carboniferi della Formazione di Ollano, in una grande antiforme nord-vergente, accompagnata da parassite, generata durante la terza fase deformativa, che, qui come in tutto il settore Brianzonese interno, determina retroflessioni di precedenti strutture polifasiche avanvergenti.

L'uso indipendente dei criteri di polarità stratigrafica e tettonica ha fornito lo stesso risultato: i « Porfidi » sottostanno stratigraficamente ad una parte almeno della Formazione di Ollano. Essi non sono pertanto cronostatigraficamente correlabili con i Porfroidi del Melogno, Permiani, come dubitativamente indicato nel Foglio Albenga-Savona della Carta Geologica d'Italia, ma debbono invece essere ascritti alla formazione delle Metarioliti di Case Lisetto, caratterizzante le manifestazioni precoci dell'attività vulcanica permo-carbonifera. Di quest'ultima i « Porfidi » divengono anzi la testimonianza volumetricamente più cospicua tra quelle a tutt'oggi note; le indagini petrografiche e geochemiche condotte sono quindi servite a meglio precisare i caratteri di tale episodio iniziale.

Il confronto petrografico e chimico tra i vari affioramenti delle Metarioliti (si veda CORTESOGNO et al., 1984, fig. 1 per la loro distribuzione areale) mostra che si tratta di un gruppo sostanzialmente omogeneo, costituito da rioliti in prevalenza ignimbritiche, con indice di porfiricità mediamente elevato (30-40 %), a fenocristalli prevalenti di quarzo e K-feldspato e subordinati di biotite e plagioclasio, contenenti brandelli di lave pomicee e rari inclusi enallogeni (metapeliti, scisti biotitici graniferi) di taglia fino a decimetrica. Il carattere è costantemente calc-alcalino con contenuti in K_2O piuttosto elevati.

L'insieme dei dati petrografici e chimici è nel complesso indicativo di un'origine attraverso processi di anatessi di materiale crostale con produzione di diversi fusi indipendenti in un ristretto arco di tempo. Tali condizioni implicano che la crosta sia stata interessata da un elevato regime termico (cfr. anche PECCERILLO et al., 1979).

Tale quadro appare in buon accordo con i dati geologici, che, come già detto (CORTESOGNO et al., 1984), indicano che le rioliti si sono messe in posto durante una fase di fratturazione posteriore all'evento sudetico; poichè è probabile che quest'ultimo abbia prodotto ispessimenti crostali, la successiva attività di block-faulting potrebbe essere attribuita ad affondamenti necessari a ristabilire l'equilibrio isostatico; ciò avrebbe portato la crosta profonda in condizioni anatetiche.

Sempre a proposito dei « Porfidi » di Osliglia conviene anche ricordare — benchè ciò esuli dall'argomento della presente nota — che in essi sono presenti le stesse fasi deformativo-metamorfiche alpine già riconosciute in altri terreni dell'unità di Mallare, cui i « Porfidi » appartengono (CORTESOGNO et al., 1981; MESSIGA et al., 1981), del Brianzonese interno; la loro distribuzione è tuttavia per lo più limitata a domini relativamente ristretti; forse corrispondenti a zone di taglio formatesi durante la prima fase deformativa multipla.

Per quanto concerne i clasti di vulcaniti presenti nella Formazione di Ollano, si può osservare che essi mostrano molteplici motivi di interesse.

Anzitutto, il fatto che essi siano complessivamente rari consente di escludere che grossi volumi di vulcaniti abbiano potuto essere distrutti dall'erosione subito dopo la loro messa in posto: resta pertanto confermato il carattere « sporadico » delle manifestazioni precoci.

In secondo luogo, i clasti, presenti a vari livelli, indicano che verosimilmente le predette manifestazioni si sono ripetute nel tempo, a partire dalla deposizione dei sedimenti arcosici che oggi costituiscono i Paragneiss di Lisio (Westfaliano inferiore?), fino alle parti alte della successione detritica di Ollano (Stefaniano probabile).

Questa conclusione, assieme alla selettività operata dai processi sedimentari (si può ad esempio ricordare che la maggior parte dei clasti nella Formazione di Ollano ha carattere di originari vitrofiri) può giustificare lo spettro compositivo più ampio rispetto ai « Porfidi » pur nell'ambito di uno stesso modello petrogenetico.

Riservando ad un prossimo lavoro sui Porfroidi del Melogno sia il quadro completo dell'evoluzione petrogenetica delle vulcaniti permo-carbonifere del Brianzonese ligure, sia più dettagliati confronti regionali, ci sembra opportuno sottolineare sin d'ora due concetti.

Il primo, a livello locale, riguarda le principali differenze tra le ignimbriti riolitiche attribuibili alle manifestazioni precoci e quelle assegnabili alla successiva attività principale, che non consistono soltanto nella diversa età (rispettivamente carbonifera supe-

riore e permiana) o nella ben diversa quantità dei materiali emessi, ma che si riferiscono anche ai differenti litotipi che vi possono essere identificati e, in generale anche a diversi caratteri geochimici precedentemente ricordati.

L'insieme di queste differenze sembra ben inquadrabile nell'ipotesi genetica per annessi crostale, già prospettata (CORTESOGNO et al., 1984), secondo la quale il fenomeno di fusione parziale avrebbe interessato, durante il Permiano, in seguito ad una risalita generalizzata delle geoisoterme, settori crostali ben più estesi — e quindi verosimilmente più eterogenei — di quelli coinvolti nelle fasi precoci, essenzialmente legate ad affondamenti isostatici, più o meno localizzati.

Il secondo concetto che emerge dai dati in nostro possesso si riferisce al fatto che la « trilogia » (manifestazioni precoci, episodio intermedio, attività principale) che abbiamo riconosciuto presenta consistenti analogie con il quadro noto per altre aree interessate dal vulcanismo tardo-ercinico: in particolare, per rimanere in quelle adiacenti, con il quadro recentemente messo a punto per le Alpi Cozie (LEFEVRE e MICHARD, 1976; LEFEVRE, 1982).

Ringraziamenti. — Lavoro eseguito nel quadro degli studi del « Gruppo Alpi » del C.N.R. e del Progetto « Dynamics and evolution of the lithosphere » (M.P.I. 40% e 60%). Pubblicazione n. 20 sul tema « Compared structural evolution of sectors of southern and western Alps and northern Apennines ».

BIBLIOGRAFIA

- ARTH J.H. (1976) - *Behaviour of trace elements during magmatic processes - a summary of theoretical models and their applications.* J. Res. U.S. Geol. Surv. 4., 41-47.
- ARTH J.G., BARKER F. (1976) - *Rare-earth partitioning between hornblende and dacitic liquid and implications for the genesis of trondhjemitic tonalitic magmas.* Geology, 4, 534-536.
- BARBERI F., INNOCENTI F., MARINELLI G., MAZZUOLI R. (1974) - *Vulcanismo e tettonica a placche: esempi nell'area mediterranea.* Mem. Soc. Geol. It., 13, 2, 327-358.
- BASSO R., MAZZUCOTELLI A. (1975) - *Schema di analisi con metodi rapidi dei principali elementi di rocce e minerali.* Per. Min., 44, 1, 5-40.
- BENEDETTI A., CIONI R., MAZZUCOTELLI A., OTTONELLO G. (1977 a) - *Determination of several trace elements in some international standard rock sample by instrumental and radiochemical neutron activation analysis.* Ofioliti, 2, 19-28.
- BENEDETTI A., FRACHE R., JAFFREZIC H., JORON J.L., MAZZUCOTELLI A., MELONI S., ODDONE M. (1977 b) - *Major, minor and trace element data of ophiolite standard rock GOG-1.* Ofioliti, 2, 19-28.
- BONI A., CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 92-93, Albenga-Savona.* Tip. Salomone, Roma.
- CAMERON K.L., HANSON G.N. (1982) - *Rare-earth element evidence concerning the origin of voluminous mid-Tertiary rhyolitic ignimbrites and related volcanic rocks, Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico.* Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1489-1503.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1970) - *Sull'inizio dell'attività vulcanica acida nel tardo Paleozoico Brianzonese ligure.* Atti Soc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat., 48, 456-461.
- CORTESOGNO L., GIANOTTI R., OXILIA M., VANOSI M., VANNUCCI R. (1981) - *Genesi ed evoluzione dello zoccolo pre-mesozoico di alcuni settori del Brianzonese ligure interno.* Rend. Soc. It. Min. Petr., 38 (1), 219-260.
- CORTESOGNO L., GIANOTTI R., VANNUCCI R., VANOSI M. (1984) - *Le volcanisme permo-carbonifère du Briançonnais ligure (Alpes Maritimes) dans le cadre des phases tardives de l'orogène bercynienne.* Sci. Géol. Bull., 37 (1), 37-50.
- CORTESOGNO L., ODDONE M., OXILIA M., VANOSI M., VANNUCCI R. (1982) - *Le metavulcaniti a chimismo andesitico del Permo-Carbonifero Brianzonese (Alpi Marittime): caratterizzazione petrografica e chimica e tentativo di interpretazione geodinamica.* Rend. Soc. It. Min. Petr., 38 (2), 581-606.
- DE LA ROCHE H. (1968) - *Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations andésitiques et sédimentaires: une guide pour l'étude des formations métamorphiques et plutoniques.* C.R. Acad. Sci., Paris, 267, Sér. D, 39-42.
- DE LA ROCHE H. (1975) - *Variations chimiques durant le métamorphisme croissant des grésopélites.* Sci. de la Terre, 20 (75-766), 165-200.
- DE LA ROCHE H., LETERRIER J., GRANCLAUDE P., MARCHAL M. (1980) - *A classification of volcanic and plutonic rocks using R₁R₂-diagram and major element analyses.* Chem. Geol., 29, 183-210.
- 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., WELDMEN T.R. (1968) - *Relative absolute terrestrial*

- abundances of Rare Earths. In: AHRENS (Ed.), «Origin and distribution of the elements», Pergamon Press, 889-912.
- HENNESSY J. (1981) - *A classification of British Caledonian granites based on uranium and thorium contents*. Mineral. Mag., 44, 449-454.
- IRVINE T.H., BARAGAR W.R.H. (1971) - *A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks*. Can. J. Earth Sc., Ottawa, 8, 523-548.
- KHALIL S.O., NEFF T.A., BRUNFELT A.O. (1978) - *Trace element abundances of the Holterkollen pluton complex, Oslo area, Norway*. Chem. Geol., 22, 121-155.
- KOLJONEN T., ROSENBERG R.J. (1974) - *Rare earth elements in granitic rocks*. Lithos, 7, 249-261.
- KUNO H. (1968) - *Differentiation of basalt magmas*. In: H.H. HESS e A. POLDERGAART (Eds.), «Basalts», J. Wiley and Sons, New York, 2, 621-688.
- LANGMUIR C.H., BENDER J.F., BENGE A.E., HANSON G.N., TAYLOR S.R. (1977) - *Petrogenesis of basalts from the Famous area: Mid Atlantic ridge*. Earth Planet. Sci. Lett., 36, 133-156.
- LEFEVRE R. (1982) - *Les nappes briançonnaises internes et ultrabriançonnaises dans les Alpes Cottiennes Méridionales*. Thèse Doct. ès-Sci., Paris sud-Centre Orsay, 1-435.
- LEFEVRE R., MICHARD A. (1976) - *Les nappes briançonnaises internes et ultra-briançonnaises de la bande d'Acceglio (Alpes franco-italiennes). Une étude structurale et pétrographique dans la facies des schistes bleus à jadéite*. Sci. Géol., Bull., 29, 3, 183-222.
- MCCARTHY T.S., KABLE E.J.D. (1978) - *On the behavior of rare-earth elements during partial melting of granitic rocks*. Chem. Geol., 22, 21-29.
- MENARDI NOGUERA A. (1982) - *Tettonica polifasata nel settore centro-orientale del Brianzese ligure*. Boll. Soc. Geol. It., 100, 527-540.
- MESSIGA B., CORTESOGNO L., PEDEMONTE G.M. (1977) - *I caratteri del metamorfismo alpino su rocce del cristallino del Savonese sottostante la Falda di Montenotte*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 1659-1683.
- MESSIGA B., OXILIA M., PICCARDO G.B., VANOSI M. (1981) - *Fasi metamorfiche e deformative alpine nel Brianzese e nel Prepiemontese-Piemontese esterno delle Alpi Liguri: un possibile modello evolutivo*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 38 (1), 261-280.
- NAGASAWA H. (1970) - *Rare earth concentrations in zircons and apatite and their host dacites and granites*. Earth Planet. Sci. Lett., 9, 3369-364.
- PECGERILLO A., POLI G., SASSI F.P., ZIRPOLI G., MEZZACASA G. (1979) - *New data on the Upper Ordovician acid plutonism in the Eastern Alps*. N. Jb. Miner. Abh., 137, 162-183.
- RINGWOOD A.E. (1974) - *The petrological evolution of island arc systems*. J. Geol. Soc. London, 89, 663-673.
- TAYLOR S.R. (1965) - *The application of trace element data to problems in petrology*. In: AHRENS L.H. (Ed.), «Physics and chemistry of the earth», 6, 133-213.
- TUTTLE O.F., BOWEN N.L. (1958) - *Origin of granite in light of experimental studies in the system NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-SiO₂-H₂O*. Geol. Soc. Amer. Mem., 74, 153 pp.
- VANOSI M. (1970) - *Studio sedimentologico della Formazione di Ollano (Carbonifero medio-superiore della Liguria occidentale)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 21, 3-36.
- VANOSI M., GOSSO G. (1983) - *Introduzione alla geologia del Brianzese ligure*. Pubbl. Centro Studi Orogeno Alpi Occ., Torino, 1-36.
- VIDAL PH., COCHERIE A., LE FORT P. (1982) - *Geochemical investigations of the origin of the Manaslu leucogranite (Himalaya, Nepal)*. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 2279-2292.
- WINKLER H.G.F. (1967) - *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer-Verlag, New York.
- WINKLER H.G.F., GHOSE N.C. (1973) - *Further data on the eutectics in the system Qz-Or-Ab-H₂O*. N. Jb. Mineral. Monatsh., 11, 481-484.
- WOOD D.A. (1979) - *Dynamic partial melting: its application to the petrogenesis of basalts erupted in Iceland, the Faeroe Islands, the Isle of Skye (Scotland) and the Troodos Massif (Cyprus)*. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 1031-1046.