

BRUNO MESSIGA *, GIOVANNI B. PICCARDO *, MARIO VANOSSI **

DATI PRELIMINARI
SULLA DISTRIBUZIONE DEL METAMORFISMO ALPINO
NEI TERRENI PRE-MESOZOICI LIGURI ***

RIASSUNTO. — Nelle Alpi Liguri Occidentali, fra Arenzano e Mondovì, affiorano vari massicci di rocce cristalline pre-carbonifere e terreni permo-carboniferi associati.

I massicci cristallini sono costituiti in generale da orto- e paragneiss, da micascisti ed anfiboliti a metamorfismo ercino-tipo e da graniti tardo-ercinici intrusivi. Le rocce permo-carbonifere sono rappresentate da sequenze sedimentarie psammitiche, psefitiche e pelitiche associate con rocce vulcanoclastiche a chimismo acido e rocce verdi.

Il metamorfismo alpino sviluppa, sulle litologie dei massicci cristallini, diffuse paragenesi in facies Scisti Verdi \pm anfibolo sodico, mentre su parte del Massiccio cristallino savonese e sul Massiccio di Loano raggiunge la facies degli Scisti Blu: successivamente a questo evento, si registra una parziale retrocessione in facies Scisti Verdi di basso grado. Le sequenze sedimentarie registrano diffuso un metamorfismo in facies Scisti Verdi ad anfibolo sodico \pm cloritoide.

RÉSUMÉ. — On trouve dans la Ligurie occidentale entre Arenzano et Mondovì des affleurements de roches cristallines pre-carbonifères; des roches carbonifères et permienes leur sont associées.

Dans la zone des Schistes Lustrés avec ophiolites du Massif de Voltri on trouve les petits massifs de Arenzano et de Valosio, qui sont formés par de paragneiss oillés, des marbres à silicates, et des amphibolites: les paragèneses anté-alpines sont dans le facies des Amphibolites à almandin.

Les massifs cristallins de Savona et de Calizzano montrent une lithologie constituée par des orto- et paragneiss, des micascistes et des amphibolites (dont le métamorphisme hercinien est démontré par des paragèneses a grenat, diopside, hornblende, sillimanite, disthène et staurotide) et par des granites intrusifs tardi-hercinien.

Les roches permo-carbonifères, qui appartiennent au domaine Briançonnais, sont constituées par plusieurs formations volcaniques et volcano-clastiques de acides (Porphyroïdes du Melogno, Schistes de Gorra) à plus ou moins basiques (roches vertes de la Formation de Eze) et sédimentaires (Formations de Murialdo et de Ollano, représentées respectivement par des micascistes charbonneux et par des séquences méta-détritiques de grossières à fines) et forment actuellement différentes unités structurales.

Dans ces diverses complexes le métamorphisme alpin a développé des paragèneses allant du faciès Schistes Bleus au faciès Schistes Vertes bien représentés, accompagnés et soulignés par des déformations.

Les recherches étant en cours, on ne peut pas pour le moment préciser dans le détail la repartition de ses paragèneses dans les différentes unités structurales et au sein de chacune de celles-ci. On peut toutefois signaler les faits suivants.

* Istituto di Petrografia dell'Università di Genova, c.so Europa, 16132 Genova. ** Istituto di Geologia dell'Università di Pavia, Strada Nuova 65, 27100 Pavia. *** Lavoro eseguito con il contributo finanziario del C.N.R.; B. MESSIGA e G.B. PICCARDO hanno svolto le ricerche petrografiche, M. VANOSSI ha sviluppato l'inquadramento geologico.

Dans le massif de Savona, dans les amphibolites et les gneiss on trouve des paragenèses Schistes Bleus (lawsonite + Na-amphiboles \pm pumpellyite \pm Mg-Fe-chlorites \pm albite), mais le plus généralement on trouve seulement des associations Schistes Vertes \pm Na-amphiboles. Des paragenèses Schistes Bleus sont également présentes dans le massif de Loano. Par contre, dans le massif de Pallare, aussi bien que dans ceux de Nucetto et Barbassiria, on n'a trouvé jusqu'à présent que des paragenèses Schistes Vertes.

Les roches méta-volcaniques, méta-volcanoclastiques et méta-sédimentaires montrent des paragenèses alpines Schistes Vertes avec Na-amphiboles \pm chloritoïde, mais la mineralogie est conditionnée par la chimie de la roche:

- dans les roches vertes de la Formation de Eze les paragenèses sont à Na-amphiboles + pumpellyites \pm epidote \pm albite \pm Fe-Mg-chlorites \pm micas blancs, une seconde paragenèse se développe avec l'actinote sur l'amphibole sodique et la croissance du stilpnomélane et de la biotite verte et simultanément la stabilisation de l'epidote et des chlorites;
- dans les porphyroïdes le métamorphisme est peu développé; on y trouve que des associations à albite \pm pumpellyite \pm epidote \pm stilpnomélane \pm biotite verte;
- les roches schisteuses de la Formation de Murialdo montrent quelque fois le chloritoïde avec des micas blancs et des chlorites.

Par les caractères du métamorphisme alpin on peut envisager que les massifs cristallins et les roches carbonifères et permienes de la Ligurie occidentale, à l'ouest du Massif ophiolitique de Voltri, constituent la prolongation la plus méridionale de la Zone Briançonnaise - Grand Saint Bernard.

ABSTRACT. — The present paper deals with a preliminary petrographic investigation on the alpine metamorphic overprints, as recorded by the pre-Carboniferous crystalline rocks and the Permo-Carboniferous meta-sedimentary and meta-volcanic covers of the massifs cropping out in the Western Liguria area, between Arenzano and Mondovì.

The crystalline massifs generally consist of ortho- and paragneisses, micaschists and amphibolites, with ercinian-type metamorphic evolution, and of late ercinian granitic intrusive. The Permo-Carboniferous sequences are mainly represented by psammitic, pseftic and pelitic sedimentary rocks and associated volcanic and volcanoclastic terranes of acidic and intermediate compositions (i.e. rhyolitic-dacitic and andesitic rocks, respectively).

During the alpine evolution, a metamorphic equilibration under Green Schist conditions produced the development of epidote + albite \pm pumpellyite \pm chlorites \pm Na-amphiboles assemblages on the crystalline rocks, while Blue Schists conditions (Na-amphiboles + lawsonite \pm pumpellyite + chlorites \pm albite assemblage) have been reached in places within the Savonese Massif and in the Loano Massif.

After such event of relatively high pressure conditions along low geothermal gradients, a partially developed reequilibration under low grade Green Schists conditions (actinolitic amphibole + epidote + chlorites \pm green biotite \pm stilpnomélane) testifies for a retrograde evolution.

The metasedimentary and metavolcanic sequences show a diffuse metamorphic recrystallization in Green Schists facies, characterized by Na-amphiboles and chloritoid.

On the basis on this preliminary investigation, the whole pre-Mesozoic terrains so far investigated (Savonese, Loano, Nucetto, Pallare, Lisio, Barbassiria and Calizzano Massifs) can be referred to the Briançonnese - Gran S. Bernardo Zone of the Western Alps.

Introduzione

I « massicci » cristallini liguri e i terreni paleozoici associati sono noti da tempo nella letteratura geologica: da quasi cento anni, infatti, queste associazioni litologiche pre-Carbonifere sono state investigate, anche se da un punto di vista prevalentemente geologico (MAZZUOLI, 1887; SQUINABOL, 1887; DE STEFANI, 1887; PORTIS, 1887; TERMIER e BOUSSAC, 1912; FRANCHI, 1927; ZACCAGNA, 1903, 1937; ROVERETO, 1939; CONTI, 1948; KEREZ, 1955).

Contributi più recenti (BLOCH, 1964, 1965, 1966; CERRO et al., 1969 a, b, c, d; VANOSI, 1978, con bibliografia) descrivono le litologie e puntualizzano la posizione strutturale dei massicci cristallini liguri e delle sequenze metasedimentarie e metavulcaniche di copertura.

Con questa nota intendiamo presentare, insieme ad una messa a punto aggiornata delle conoscenze geologiche regionali, un primo quadro generale sulla base dei dati finora acquisiti, mediante uno studio sistematico preliminare intrapreso da alcuni anni, sulla distribuzione nelle differenti unità strutturali identificate di alcune paragenesi metamorfiche riferibili all'evento alpino. Tali associazioni metamorfiche sono diffusamente rappresentate nelle litologie sia dei « massicci » cristallini che delle sequenze metasedimentarie e metavulcaniche di copertura, e particolarmente nei materiali a composizione basica, che si mostrano più reattivi a queste trasformazioni metamorfiche. In un precedente contributo (MESSIGA et al., 1975) sono già state segnalate, in un'area ristretta del massiccio cristallino Savonese, paragenesi metamorfiche alpine di tipo Scisti Verdi a glaucofane.

Generalità

Il quadro geologico-strutturale dei terreni pre-Mesozoici affioranti nella Liguria occidentale è stato oggetto di recenti contributi (FORCELLA et al., 1972; CHIESA et al., 1975; CORTESOGNO e FORCELLA, 1978: per i massicci di Valosio ed Arenzano; VANOSI, 1978: per le unità ad ovest del Gruppo di Voltri). Tralasciando i massicci di Valosio ed Arenzano, per i quali rimandiamo alla bibliografia citata, l'assetto dei terreni pre-Mesozoici più occidentali può essere sinteticamente riassunto nel modo seguente (per la descrizione delle unità strutturali di seguito citate si rimanda a VANOSI, 1978, e alla bibliografia in esso riportata).

1) UNITÀ DI CALIZZANO - SAVONA

È costituita da quattro elementi, attualmente separati, di cui i due principali sono ben noti in letteratura come i « massicci » di Calizzano e di Savona; ad essi si debbono aggiungere quelli di Pallare e di Loano.

Facies litologiche

Il massiccio di Savona costituisce il maggior affioramento di rocce cristalline acide della Liguria ed in esso sono rappresentate gran parte delle litologie esistenti negli altri massicci. Esso è formato da un complesso, a metamorfismo ercino-tipo, di para- ed ortogneiss e micascisti con anfiboliti, talora in masse cospicue, e di gneiss kinzigitici; grosse masse granitiche presentano rapporti intrusivi con le metamorfite erciniche (MESSIGA et al., 1975) e con paraderivati, localmente trasformati in cornubianiti.

Gli gneiss mostrano paragenesi a plagioclasio (An 20-25), K-feldspato, quarzo, biotite, muscovite, granato, sillimanite; i micascisti presentano fasi mineralogiche

analoghe agli gneiss, ma percentuali più elevate in biotite, granato, sillimanite, ed inoltre cianite e staurolite; le anfiboliti sono caratterizzate da orneblenda verde, plagioclasio (An 20-25), clinopirosseno, granato e biotite; le rocce kinzigitiche mostrano paragenesi a biotite, granato, plagioclasio, quarzo, K-feldspato e sillimanite: durante una fase tardiva dell'evoluzione metamorfica ercinica, un evento anatetico è testimoniato, in queste ultime rocce, da vene a composizione alitica che tagliano in discordanza la scistosità della roccia e da blastesi di andalusite. I graniti hanno sovente una composizione granodioritica con grossi cristalli di K-feldspato, quarzo, plagioclasio (An 10-15), biotite, muscovite, zircone, apatite e granato. Le cornubianiti, derivate da materiale filladico, mostrano paragenesi a biotite, granato, plagioclasio (An 20-25) e cordierite, generalmente alterata.

Il massiccio di Calizzano presenta litologie in gran parte analoghe a quello savonese: REINSCH (1966) vi ha dettagliatamente descritto vari litotipi anfibolitici, gneissici e granitoidi (questi ultimi interpretati come migmatiti), che ha ascritto a sedimenti e vulcaniti basiche metamorfosate e migmatizzate durante l'orogenesi ercinica. Le nostre osservazioni petrografiche confermano la stretta analogia fra i tipi litologici presenti in questo massiccio e quelli descritti per il massiccio di Savona.

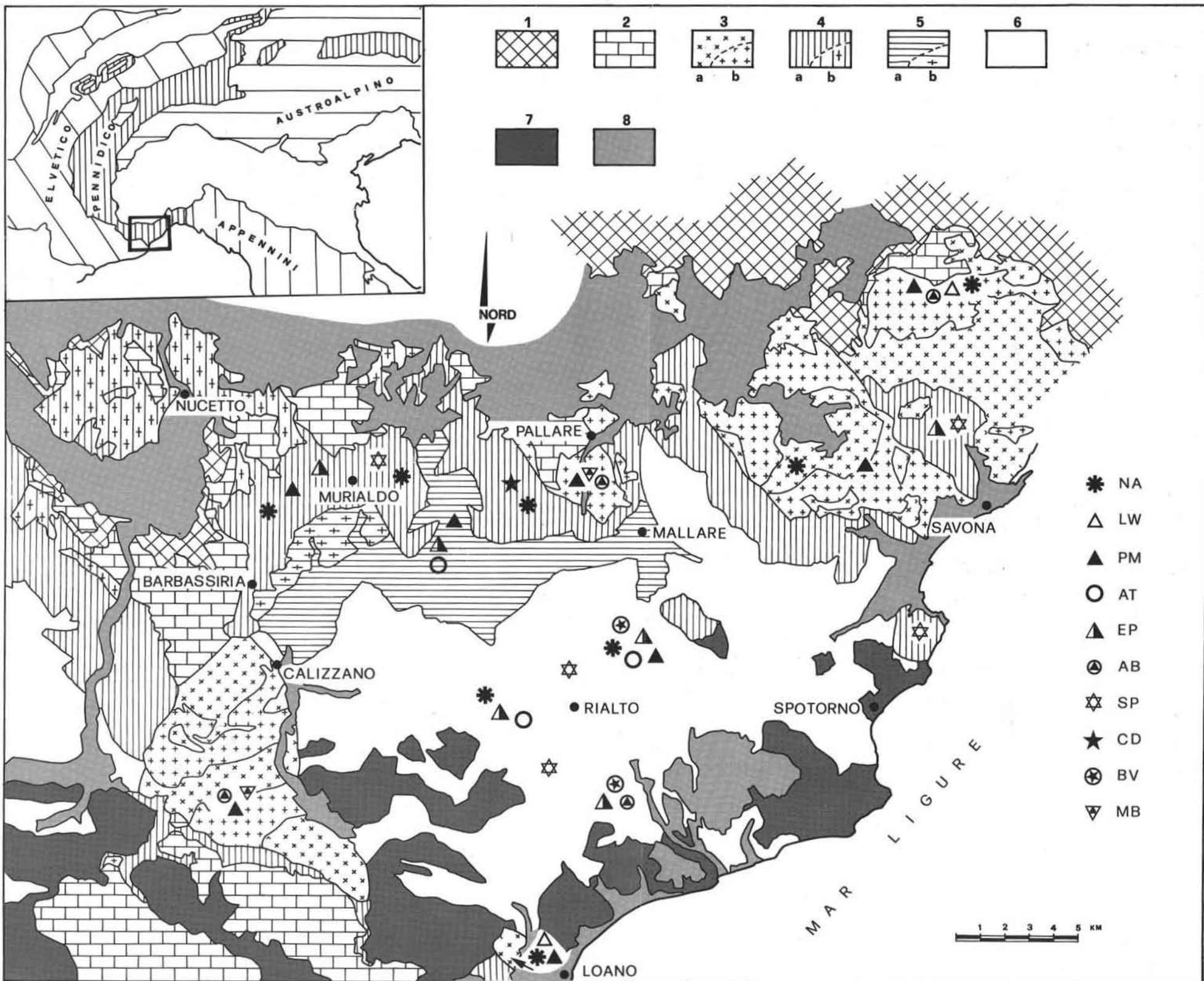
Il massiccio di Pallare è caratterizzato da grande diffusione di ortogneiss occhiarini a grossi cristalli di K-feldspato, con biotite, quarzo, sillimanite fibrolitica, mentre appaiono scarsamente rappresentate le anfiboliti.

Il massiccio di Loano, infine, è costituito da rocce prevalentemente acide a grana fine, a composizione fino a granodioritica, con plagioclasio, scarso K-feldspato, e percentuali relativamente elevate di femici (biotite prevalente ed orneblenda); sono inoltre rappresentati gneiss minuti molto deformati con limitate intercalazioni di rocce anfibolitiche a plagioclasio e rutilo. Per questo massiccio una ricristallizzazione metamorfica tipo Scisti Verdi, di età alpina, sovrapposta ad una più antica fase anfibolitica, verosimilmente ercinica, è stata riconosciuta da BOITEAU (1971).

Fig. 1. — Carta geologico-strutturale semplificata delle Alpi Marittime tra Savona e il Tanaro (dai Fogli 80 CEVA, 81 GENOVA, 92-93 ALBENGA-SAVONA della Carta Geologica d'Italia al 100.000 (1971, con aggiornamenti) con indicazione delle principali paragenesi metamorfiche alpine fino ad ora identificate.

1) Metasedimenti e metafoliti delle Unità del Gruppo di Voltri e della Falda di Montenotte; 2) Coperture pre-piemontesi essenzialmente mesozoiche, costituenti lembi alloctoni completamente sradicati; 3) « Massicci » cristallini dell'unità Brianzese interna di Calizzano-Savona: (a) gneiss ed anfiboliti pre-westfaliani (?), (b) granitoidi (tardo-ercinici?); 4) Substrato permo-carbonifero dell'unità Brianzese interna di Pamparato-Murialdo e della zona a scaglie di C. Volte: (a) metasedimenti e metavulcaniti delle formazioni di Murialdo, di Eze e degli Scisti di Gorra, (b) gneiss e granitoidi dei « massicci » di Nucetto e di Lisio (eopermiani?); 5) Substrato permocarbonifero dell'unità Brianzese interna di Mallore: (a) metasedimenti e metavulcaniti delle Formazioni di Ollano, di Eze, dei Porfiroidi del Melogno e degli Scisti di Gorra; (b) gneiss e granitoidi del « massiccio » di Barbassiria (eopermiani?); 6) Substrato permo-carbonifero delle Unità Brianzese esterne e mediane di Ormea e di M. Carmo-Rialto (metasedimenti e metavulcaniti delle formazioni di Ollano, di Eze, dei Porfiroidi del Melogno e degli Scisti di Gorra); 7) Coperture meso-cenozoiche Brianzese, talora aderenti al substrato, spesso più o meno ampiamente scollate, fino a costituire falde indipendenti; distinte solo negli affioramenti maggiori; 8) Copertura oligocenico-quadernaria « post-orogena ».

NA = anfibolo sodico; LW = lawsonite; PM = pumpellyite; AT = attinoto; EP = epidoto; AB = albite; SP = stilpnomelano; CD = cloritoide; BV = biotite verde; MB = mica bianca.



I quattro lembi di cristallino di Savona, Calizzano, Pallare e Loano appaiono dunque tutti caratterizzati da litotipi analoghi, in particolare da metamorfiti (anfifoliti, gneiss e micascisti) di età presumibilmente ercinica (ma, in assenza di datazioni assolute, un'età più antica non può essere esclusa) e da rocce granitoidi s.l., almeno in parte certamente intruse nel complesso metamorfico, in parte forse anche con rapporti di tipo migmatitico, in corrispondenza di livelli crostali più profondi. Per queste ultime, in mancanza di età assolute, esiste un generale accordo per una datazione tardo-ercinica.

Posizione strutturale

I rapporti tettonici primari sono generalmente mascherati da dislocazioni tardive per faglie sub-verticali, particolarmente evidenti nei massicci di Calizzano e di Loano e, in parte, anche in quello di Savona, nel quale la nota « Finestra del Santuario » è ora parzialmente obliterata da disturbi verticali: essi sono non di meno riconoscibili in un numero sufficiente di affioramenti e consentono la seguente ricostruzione schematica:

- il massiccio di Savona ricopre tettonicamente l'unità brianzonese interna di Pamparato-Murialdo; al suo margine interno esso è in contatto tettonico sub-verticale, con retroscorrimento, con le unità del Gruppo di Voltri ed è ricoperto tettonicamente da terreni triassici (pre-piemontesi?);
- il massiccio di Pallare riposa parimenti sull'unità di Pamparato-Murialdo ed è ricoperto da klippen dolomitici di probabile pertinenza pre-piemontese;
- il massiccio di Calizzano ricopre tettonicamente varie unità brianzonesi interne (unità di Pamparato-Murialdo, unità di Mallare) e mediane-esterne (unità di Monte Carmo-Rialto, unità di Ormea) ed è ricoperto da lembi di unità pre-piemontesi (unità di Case Tuberto e di Monte Sotta);
- il massiccio di Loano poggia verosimilmente sull'unità di Monte Carmo-Rialto ed è ricoperto da quella di Case Tuberto.

Complessivamente dunque i quattro massicci occupano la stessa posizione strutturale, risultando tettonicamente interposti tra unità brianzonesi ed unità pre-piemontesi o più interne.

L'analogia di facies litologiche, di posizione tettonica e di strutture interne (1) suggerisce che i quattro affioramenti rappresentino i resti di un'unica più estesa falda, di cui, nell'ipotesi generalmente accettata di una provenienza interna, i lembi di Calizzano e di Loano, per la posizione più esterna attualmente occupata, dovrebbero rappresentare le porzioni più prossime alla fronte.

Pertinenza paleogeografica

La posizione tettonica tra unità brianzonesi e pre-piemontesi, senza l'interposizione alla base di elementi piemontesi, e le analogie petrografiche con i terreni della

(1) Almeno per i massicci di Calizzano e di Savona è osservabile un chiaro orientamento omologo a N 60°, delineato a grande scala dall'allungamento delle bande di anfifoliti, gneiss e rocce granitoidi.

Zona del Gran S. Bernardo (MESSIGA et al., 1975) fanno ritenere probabile che l'unità di Calizzano-Savona rappresenti il basamento cristallino della parte più interna del dominio Brianzese.

2) UNITÀ DI PAMPARATO-MURIALDO

Facies litologiche

In essa hanno grande sviluppo i terreni pre-Mesozoici, distinguibili in:

- ortogneiss e rocce granitoidi («massicci» di Nucetto, Lisio, Costa Dardella);
- metasedimenti e metavulcaniti di presunta età Permo-Carbonifera (Formazione di Murialdo, Scisti di Gorra, Formazione di Eze).

I «massicci» cristallini sono costituiti pressochè unicamente da rocce granitoidi, più o meno trasformate in ortogneiss occhiadini grossolani, caratterizzati da grossi individui di K-feldspato e/o microclino, quarzo, plagioclasio, mica bianca e raro granato: sono pressochè privi di biotite.

La Formazione di Murialdo consta essenzialmente di micascisti filladici carboniosi, nei quali si intercalano masse e lenti di proporzioni assai variabili sia di scisti quarzoso-sericitici più o meno cloritici (Scisti di Gorra), sia di rocce derivate da vulcaniti (Formazione di Eze), per le quali la forte deformazione subita e la sovrainpronta metamorfica rendono difficile, su base petrografica, il riconoscimento dei caratteri primari. Le rocce prevalenti, generalmente mesocratiche, sono state classificate come «andesiti s.l.»; non mancano però termini più acidi, e sono presenti anche breccie vulcaniche e rocce vulcano-clastiche abbastanza eterogenee in cui compaiono rari frammenti di rocce cristalline, gneiss ed anfiboliti a granato. I minerali magmatici ancora sporadicamente riconoscibili nelle rocce andesitiche sono rappresentati da pirosseno augitico ($2V\gamma = 50-55^\circ$), orneblenda bruna ($2V\alpha = 65-70^\circ$) e relitti strutturali di plagioclasio, mai conservato: la diffusione di epidoto e pumpeyite, durante la trasformazione alpina, indica una certa percentuale in anortite nel minerale primario. Gli accessori sono principalmente rappresentati da magnetite e titanite e, in minori quantità, da apatite e zirconio.

Posizione strutturale

Se si prescinde dai retroscorrimenti, che del resto non mascherano completamente i precedenti rapporti, i «massicci» appaiono sottostanti alle varie Formazioni Permo-Carbonifere; a causa delle varie deformazioni che hanno interessato gli uni e le altre, è difficile stabilire con sicurezza la natura dei loro rapporti originari: è da verificare l'ipotesi che le rocce granitoidi si siano intruse nella copertura e che rappresentino gli omologhi, in livelli crostali più elevati e forse in epoca leggermente più recente, dei graniti intrusi nelle metamorfite pre-Westfaliane dell'unità di Calizzano-Savona.

In ogni caso, come già detto, l'unità di Pamparato-Murialdo rappresenta il diretto substrato tettonico di quest'ultima.

Pertinenza paleogeografica

L'analogia tra i terreni pre-Mesozoici di questa unità e quelli della zona Vanoise-Mt. Pourri-Ambin, la copertura post-Paleozoica ridotta, con lacuna estesa dal Permiano (localmente dallo Scitico) al Malm, con facies brianzonesi, la posizione strutturale, fanno di questa unità l'omologo della Zona di Acceglio s.l. e consentono di identificarla con la più interna delle unità liguri, per le quali la serie stratigrafica indichi l'attribuzione al dominio brianzonese.

3) UNITÀ DI MALLARE

Facies litologiche

Anche in questa unità predominano i terreni pre-Mesozoici, rappresentati da: — ortogneiss e rocce granitoidi (« massiccio » di Barbassiria); — metasedimenti e metavulcaniti del Carbonifero medio-superiore-Permiano (Formazione di Ollano, Porfiroidi del Melogno, Scisti di Gorra, Porfidi di Osiglia, Formazione di Eze).

Le facies litologiche del massiccio di Barbassiria non appaiono, allo stato attuale delle conoscenze, sostanzialmente diverse da quelle dei massicci presenti nell'unità di Pamparato-Murialdo.

Tra i terreni Permo-Carboniferi spicca la Formazione di Ollano, caratterizzata da metasedimenti e parascisti, originariamente costituita da una successione conglomeratico-arenaceo-pelitica di ambiente limnico, con livelli grafitici e antracitici, le cui rare flore hanno consentito di attribuirle al Westfaliano superiore - Stefaniano. Essa caratterizza non soltanto l'unità di Mallare, ma anche tutte le altre unità brianzonesi più esterne. Scisti di Gorra e Formazione di Eze mostrano litofacies analoghe sia a quelle già descritte per l'unità di Pamparato-Murialdo, sia a quelle delle altre unità brianzonesi più esterne (vedi oltre).

Infine, localmente sono presenti facies non deformate dei porfiroidi (Porfidi di Osiglia): esse sono rappresentate da rocce vulcaniche e piroclastiche a composizione riolitica, con abbondanti fenocristalli di K-feldspato, di quarzo (che presenta caratteristici contorni lobati dovuti a riassorbimento magmatico), di plagioclasio e di un minerale femico, ora alterato, forse pirosseno. La pasta di fondo è generalmente costituita da microliti di quarzo; minerali accessori quali zirconio, apatite ed opachi sono pure presenti.

Posizione strutturale

Prescindendo da complicazioni più o meno locali, i rapporti attuali tra « massiccio » di Barbassiria e terreni Permo-Carboniferi e la loro interpretazione strutturale sono del tutto simili a quelli descritti per le Formazioni omologhe dell'unità di Pamparato-Murialdo.

L'unità di Mallare affiora all'esterno di quest'ultima, dalla quale appare ricoperta; parimenti, al suo margine meridionale, essa soggiace all'unità di M. Carmo-Rialto. La sua posizione attuale è dunque la più profonda nell'ambito delle unità

brianzonesi liguri. Si deve peraltro osservare che la natura (decisamente tettonica o semplicemente tettonizzata) del contatto con l'unità di Pamparato-Murialdo non è facile da accertare: anziché di una unità indipendente, potrebbe in realtà trattarsi soltanto della parte più esterna dell'unità di Pamparato-Murialdo. La sottoposizione dell'unità di Mallare a quella di M. Carmo-Rialto è invece interpretata come derivante dalla fase di retroscorrimento.

Pertinenza paleogeografica

L'analogia di posizione, l'identificabilità della Formazione di Ollano con il classico « Houiller productif » brianzonese e la presenza di una copertura post-Paleozoica ridotta, di tipo brianzonese, consentono di collocare l'unità di Mallare immediatamente all'esterno di quella di Pamparato-Murialdo. A livello dei terreni pre-Mesozoici, queste due unità mostrano analogie nella presenza di masse granitoidi in posizione simile, differenze nelle facies dei terreni metasedimentari più antichi (Formazione di Ollano contrapposta alla Formazione di Murialdo), analogie e differenze nel Permo-Carbonifero più recente (presenza in entrambe degli Scisti di Gorra e della Formazione di Eze, con maggiore sviluppo di questi termini nell'unità più interna; aumento dell'importanza dei Porfiroidi del Melogno procedendo verso l'esterno).

4) UNITÀ DI ORMEA E DI M. CARMO-RIALTO

Esula dagli scopi della presente nota la descrizione completa dei caratteri di queste unità. È sufficiente precisare che entrambe rappresentano la porzione più esterna del dominio brianzonese ligure, affiorando l'una nella regione occidentale, l'altra in quella orientale, e che sono mantenute distinte per l'impossibilità di osservare i loro rapporti, mascherati da varie unità (tra le quali quella di Calizzano) ad esse tettonicamente sovrapposte; è però molto verosimile che si tratti dello stesso complesso stratigrafico-strutturale. Entrambe sono retroscorse, al loro margine interno, su unità brianzonesi più interne (unità di Ormea su unità di Pamparato-Murialdo; unità di M. Carmo-Rialto su unità di Mallare).

Per quanto concerne i termini pre-Mesozoici comuni ad entrambe, ricordiamo anzitutto che non si hanno più tracce dell'esistenza di « massicci » cristallini che caratterizzano le unità più interne; la copertura Permo-Carbonifera comporta localmente la Formazione di Ollano e mostra affioramenti importanti degli Scisti di Gorra e della Formazione di Eze soltanto nell'unità orientale (M. Carmo-Rialto). In questa sono comunque prevalenti i Porfiroidi del Melogno che nell'unità di Ormea diventano assolutamente predominanti. Si tratta di metavulcaniti che, dal punto di vista della litologia primaria, mostrano interessanti caratteristiche petrografiche.

I Porfiroidi del Melogno appaiono principalmente rappresentati dai prodotti di laminazione di vulcaniti e tufiti acide, mentre gli Scisti di Gorra sono costituiti dai prodotti di laminazione di materiali pelitici, arenacei e tufacei. Si tratta general-

mente di rocce caratterizzabili petrograficamente come rioliti, riodaciti e trachilati, interessate, come detto, da un'intensa deformazione con acquisizione di scistosità talora sovrapposte. La mineralogia primaria, ricostruibile in base a ben conservati relitti paragenetici, appare costituita, in ordine di abbondanza, da fenocristalli di K-feldspato (ortoclasio e/o microclino), plagioclasio sodico, miche bianche e quarzo: raramente si rinviene la biotite. La pasta di fondo, la meno preservata dal metamorfismo successivo, era probabilmente costituita da aggregati microcristallini di quarzo e miche bianche: titanite, apatite e minerali opachi sono generalmente presenti.

I caratteri del metamorfismo alpino

La distribuzione areale dei minerali più significativi del metamorfismo alpino è rappresentata in fig. 1.

1) UNITÀ DI CALIZZANO - SAVONA

Nel Cristallino Savonese il metamorfismo alpino si presenta generalmente molto diffuso e ben rappresentato in tutte le litologie: il quadro metamorfico non appare tuttavia omogeneo ma presenta diversa distribuzione areale, in quanto, nel settore nord-occidentale, sono presenti facies a Scisti Blu, non riconoscibili nelle altre zone del Massiccio.

In generale comunque l'evento metamorfico alpino è caratterizzato da facies a Scisti Verdi \pm Na-anfibolo e da forti effetti deformativi. Nelle litologie più comuni (anfiboliti, gneiss, micascisti e graniti) il metamorfismo alpino produce trasformazioni non molto pronunciate dei minerali originari che possono essere così schematizzate:

- saussuritizzazione dei plagioclasii, accompagnata dallo sviluppo di fini idiolasti di pumpellyite e/o epidoto;
- sostituzione pseudomorfa della biotite da parte di clorite, mica bianca con rutilo sagenitico, epidoto pistacitico e/o pumpellyite, opachi e titanite;
- il clinopirosseno e l'orneblenda delle anfiboliti subiscono, il primo uralitizzazione con smescolamento di prodotti limonitici, mentre la seconda mostra sostituzione da parte di anfiboli attinolitici e talora sodici;
- il K-feldspato, delle rocce acide, presenta fini inclusioni sericitiche e viene talora parzialmente sostituito da albite;
- il quarzo registra le intense deformazioni subite mediante l'acquisizione di struttura a subgranuli e la ricristallizzazione di nuovi individui di quarzo II granoblastico;
- cianite e sillimanite vengono trasformati in fini aggregati di miche bianche;
- il granato viene sostituito da aggregati cloritici, con miche bianche ed epidoti.

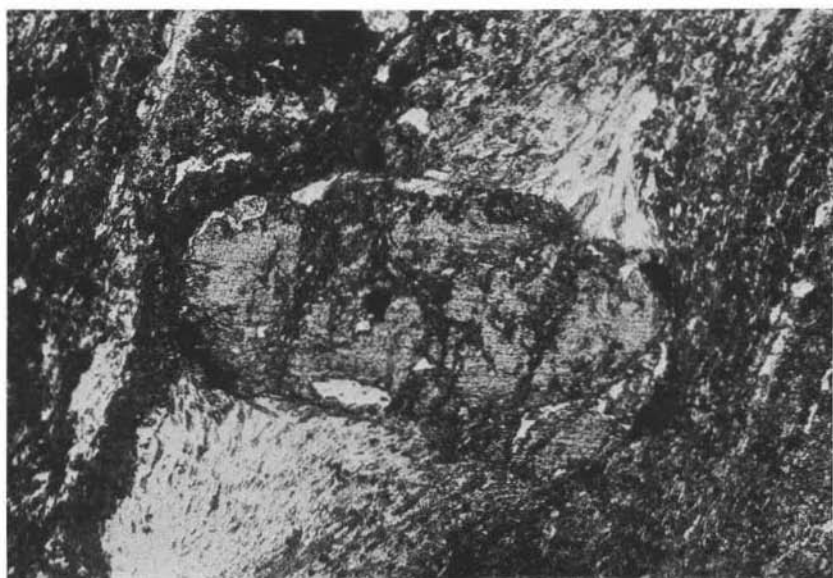


Fig. 2. — Clinopirosseno magmatico relitto nelle metabasiti della Formazione di Eze: si noti la rotazione dell'individuo di pirosseno durante la deformazione e la formazione di ombre di pressione sottolineate dalla isoorientazione di miche bianche e cloriti. Presso Bagnasco; I. 90 x, solo polarizzatore.

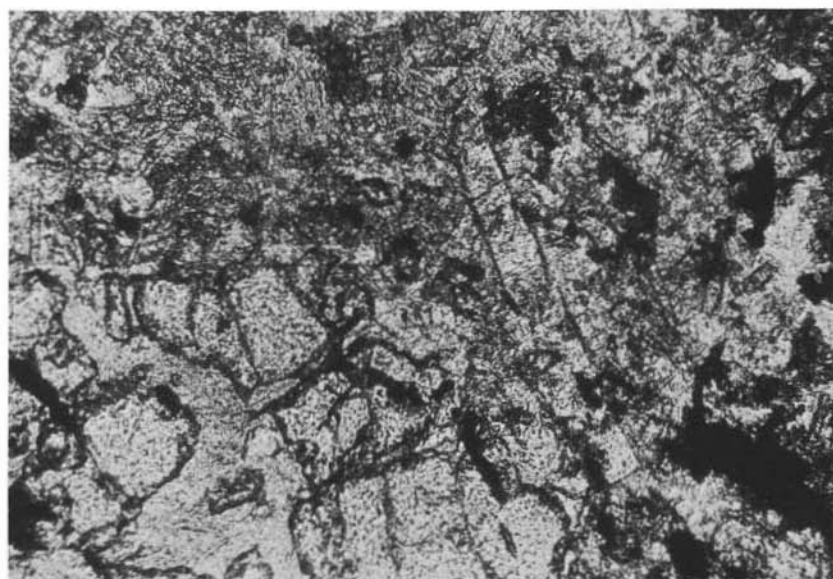


Fig. 3. — Relitto di granato in una anfibolite, sostituito da aggregati di clorite (nella parte centrale), idioblasti di lawsonite (cristalli allungati), sottili aggregati di pumpellyite; sono pure presenti anfibolo glaucofanico, minerali opachi e titanite. Anfiboliti del Massiccio Cristallino Savonese, presso Ellera; I. 300 x, solo polarizzatore.

La facies a Scisti Blu, ove presente, sviluppa paragenesi più complete e meglio definibili, soprattutto nelle anfiboliti. In alcuni casi si assiste alla completa trasformazione della paragenesi primaria delle anfiboliti:

- l'orneblenda viene quasi completamente trasformata in anfibolo glaucofanico, con smescolamento di titanite in piccoli idiolblasti;
- il plagioclasio viene sostituito da fini aggregati sericitici, da albite e da grossi idiolblasti di lawsonite;
- il granato, talora conservato come relitto, è rimpiazzato da Fe-Mg-clorite, miche bianche, lawsonite \pm pumpellyite (in grossi idiolblasti) (fig. 3);
- la biotite, percentualmente poco rappresentata, viene sostituita da clorite con diffusi titanite e minerali opachi.

Dopo la fase a Scisti Blu, caratterizzata quindi da un'associazione a lawsonite + glaucofane \pm pumpellyite + sericite + titanite \pm clorite, si sviluppa parzialmente una seconda fase metamorfica nella quale la lawsonite diviene instabile e si trasforma in pumpellyite (in fini aggregati) + miche bianche \pm calcite \pm epidoto, mentre il glaucofane tende a trasformarsi in clorite ed albite. Una intensa deformazione, in generale sviluppata posteriormente alla fase a Scisti Blu, provoca nella roccia la formazione di una scistosità molto pronunciata che isoorienta l'anfibolo glaucofanico con l'acquisizione, talora, di strutture blastomilonitiche.

Allo stato attuale delle nostre conoscenze, i Massicci cristallini di Calizzano e di Pallare sembrano presentare gli stessi caratteri metamorfici alpini: non è da escludersi, comunque, che il proseguimento e lo sviluppo delle nostre indagini mettano in evidenza nuovi aspetti della loro evoluzione alpina.

Nei litotipi più comuni (anfiboliti, gneiss, micascisti e graniti) le trasformazioni più rappresentative possono essere così schematizzate:

- la biotite viene generalmente cloritizzata: oltre alla sostituzione topotattica da parte di clorite, accompagnata da sottili aghi di rutilo, sono evidenti idiolblasti ben sviluppati di pumpellyite, molto colorata in verde, e talora epidoto pista-citico;
- il plagioclasio è quasi sempre saussuritizzato e sostituito da albite che ingloba miche bianche, pumpellyite ed epidoto: la trasformazione è più accentuata nelle anfiboliti, a causa della maggior percentuale in molecola anortitica nel plagioclasio originario;
- l'orneblenda ed il clinopirosseno delle anfiboliti generalmente risultano conservati, presentando la prima solo rare sostituzioni lungo i bordi da parte di attinoto e ancor più raramente glaucofane, il secondo uralitizzazione con smescolamento di prodotti limonitici;
- il K-feldspato subisce parziali trasformazioni in albite a scacchiera: si rinven-gono pure aggregati di stilpnomelano e minuscole lamelle di mica bianca;
- il quarzo viene sostituito, nei litotipi più deformati, da aggregati granoblastici di quarzo II;



Fig. 4. — Idioblasti di lawsonite con miche bianchè ed albite; si riconoscono relitti di biotite deformati e sostituiti da clorite. Gneiss di Loano; I. 300 x, solo polarizzatore.

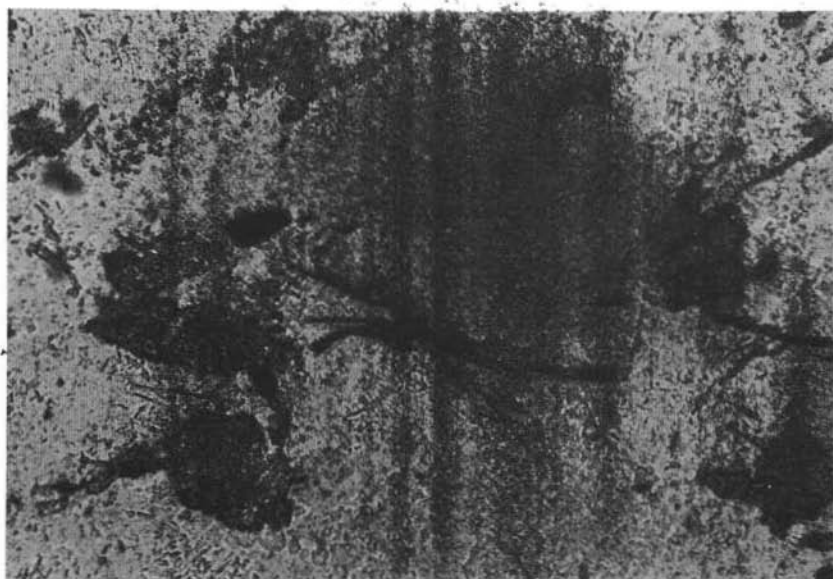


Fig. 5. — Aggregato di stilpnomelano, granuli di epidoto e clorite in quarzo, in un porfiroide; si riconoscono pure finissimi e sottili idioblasti di pumpellyite. Porfiroidi di Passo del Melogno; I. 300 x, solo polarizzatore.

- il granato non risulta mai stabile, e subisce trasformazioni parziali da parte di cloriti, miche sericitiche, epidoti e talora pumpellyite;
- cianite e sillimanite vengono rimpiazzate da fini aggregati di mica bianca.

Il Massiccio di Loano, invece, presenta un'equilibratura metamorfica in facies Scisti Blu ancora ben riconoscibile nonostante le litologie siano difficilmente investigabili a causa della limitatezza degli affioramenti e dell'estrema alterazione delle rocce: si hanno sovente prodotti limonitici rossastri che mascherano eventuali relitti mineralogici, per cui non è sovente possibile ricostruire paragenesi complete.

Nelle rocce acide sono evidenti e più comuni le seguenti trasformazioni mineralogiche:

- i femici si presentano generalmente arrossati per la presenza di limonite; la biotite viene trasformata in clorite e minerali opachi, mentre aggregati cloritici con calcite ed idioblasti di titanite compaiono sull'anfibolo primario;
- il plagioclasio denota, come caratteristica primaria, una certa percentuale di anortite, in quanto crescono nell'albite secondaria numerosi piccoli idioblasti di lawsonite associati a miche bianche sericitiche (fig. 4);
- il K-feldspato, poco rappresentato, è trasformato in albite a scacchiera;
- il quarzo viene trasformato durante la deformazione in aggregati granoblastici di quarzo II.

La lawsonite, dopo la fase nella quale permane stabile, si trasforma in finissimi aggregati di pumpellyite, epidoto e calcite.

Nelle rocce anfibolitiche il metamorfismo alpino è testimoniato dalle seguenti trasformazioni mineralogiche:

- il plagioclasio è sostituito da albite con abbondanti individui idioblastici di pumpellyite che si sviluppano sopra una precedente lawsonite, di cui si rinvencono raramente relitti;
- l'orneblenda verde primaria è raramente presente come relitto: generalmente si rinvencono pseudomorfo di clorite, rossa per ossidazione, e talvolta anche sostituzioni topotattiche da parte di anfibolo glaucofanico e/o attinolitico.

Gli effetti della deformazione sono più visibili nelle rocce gneissiche, caratterizzate da scistosità sovrapposte che danno luogo ad un *crenulation cleavage* aperto.

2) UNITÀ DI PAMPARATO-MURIALDO

Le ricerche sui « massicci » cristallini, ancora agli inizi, non consentono anticipazioni riguardo ai caratteri del metamorfismo alpino.

Nei livelli pelitici della Formazione di Murialdo si osserva una scistosità con pronunciata isoorientazione degli aggregati di mica bianca e clorite, e ricristallizzazione di quarzo con strutture finemente granoblastiche. Minerali metamorfici significativi, sviluppati in queste rocce, sono lo stilpnomelano e la clorite: è presente talora cloritoide, che mostra blastesi postcinematica (fig. 7).

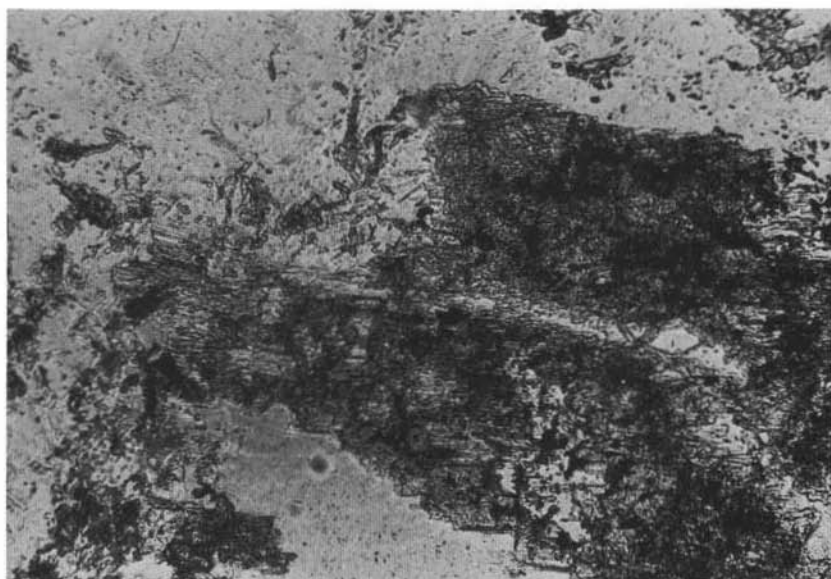


Fig. 6. — Cristallo di Na-anfibolo zeppo di finissime inclusioni, sostituito da aggregati di attinoto, nelle metabasiti della Formazione di Eze, presso Osiglia; I. 300 x, solo polarizzatore.

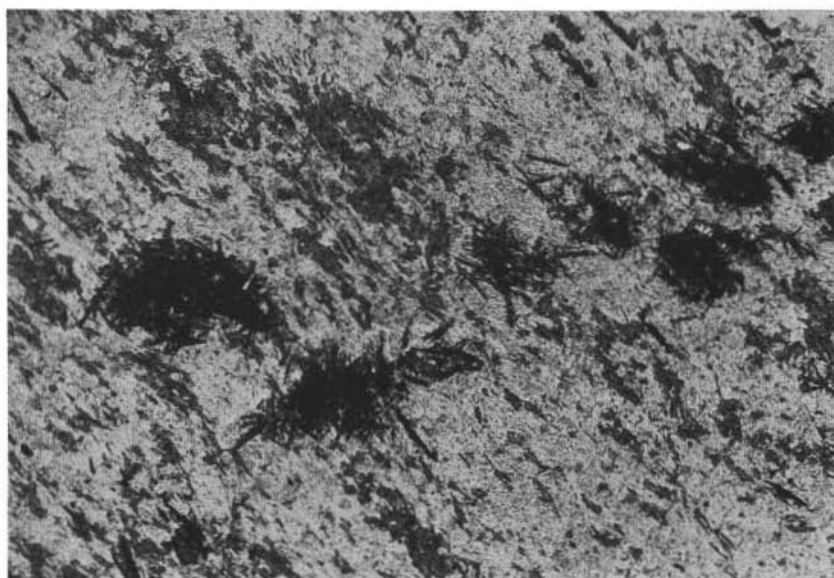


Fig. 7. — Aggregati di cloritoide in una matrice di miche bianche, ed aggregati cloritici (più scuri) isoorientati secondo la scistosità della roccia; Formazione di Murialdo, presso Murialdo; I. 90x, solo polarizzatore.

Le metavulcaniti a composizione basica (andesiti l.s.) della Formazione di Eze presentano una mineralogia più reattiva agli eventi metamorfici alpini.

Le deformazioni sono molto pronunciate: sono visibili in campagna pieghe sovente isoclinali e si riconosce facilmente la sovrapposizione di due scistosità con sviluppo di un *crenulation cleavage* molto serrato; talora la seconda scistosità traspone completamente la precedente, genera un layering metamorfico differenziato e conferisce alla roccia una caratteristica tessitura a bande composizionali.

I minerali della paragenesi magmatica reagiscono in modo rigido alle deformazioni: si rinvergono infatti generalmente ruotati e fratturati. Le trasformazioni mineralogiche più comuni, legate all'evento metamorfico alpino, possono essere così schematizzate:

- l'orneblenda ed il clinopirosseno magmatici sono raramente presenti come relitti, sovente sull'orneblenda si rinvergono pseudomorfosi di crossite + opachi \pm attinoto \pm Fe-Mg-clorite; il pirosseno, invece, subisce trasformazioni meno sviluppate e risulta sostituito da fini aggregati di attinoto accompagnato da piccoli idioblasti di epidoto \pm pumpellyite e prodotti limonitici;
- il plagioclasio viene trasformato in albite + epidoto + pumpellyite (in grandi idioblasti di colore verde);
- la fase opaca dà origine a magnetite e titanite.

Una seconda fase metamorfica posteriore è caratterizzata dalla destabilizzazione dell'anfibolo sodico (fig. 6), che si trasforma in caratteristiche simplectiti costituite da albite + attinoto: è pure caratteristico lo sviluppo di cristalli di attinoto con il nucleo costituito da albite e clorite. Inoltre, mentre l'anfibolo sodico è generalmente precinematico, l'attinoto presenta sovente una blastesi postcinematica in aggregati fibroso-raggiati. A questa fase tardiva sono senz'altro ascrivibili minerali quali cloriti, biotite verde e stilpnomelano.

3) UNITÀ DI MALLARE

Anche per il « massiccio » cristallino di Barbassiria non si hanno a tutt'oggi sufficienti dati petrografici sull'evento metamorfico alpino.

Le sequenze detritiche della Formazione di Ollano non mostrano che raramente paragenesi metamorfiche evidenti. Caratteristiche invece sono le deformazioni nei livelli pselitici e psammitici, dove si producono isoorientazioni e schiacciamento dei clasti con l'assunzione di tipiche tessiture occhiate.

4) UNITÀ DI ORMEA E DI M. CARMO-RIALTO

Nelle metavulcaniti acide (Porfiroidi del Melogno e Scisti di Gorra) il metamorfismo alpino viene evidenziato principalmente da strutture deformative molto pronunciate, mentre la paragenesi mineralogica non viene sostanzialmente modificata e non si assiste alla blastesi di minerali significativi (fig. 5).

Le deformazioni hanno prodotto scistosità molto marcate, sovente sovrapposte, con sviluppo di *crenulation cleavage* molto serrato che traspone, a livello macroscopico, la scistosità più antica. Al microscopio esse sono evidenziate dalla formazione di porfiroclasti, derivati da rotazione e talvolta da clastesi dei fenocristalli magmatici di K-feldspato e plagioclasio, da deformazioni plastiche nelle miche, mentre il quarzo subisce fenomeni di scorrimento intracristallino con lamelle di deformazione e formazione di sub-granuli, fino ad arrivare a deformazioni molto intense, nelle quali subisce una completa ricristallizzazione in strutture granoblastiche poligonali. Nelle ombre di pressione dei porfiroclasti ricristallizzano, in condizioni sincinematiche, quarzo, sottili individui di mica bianca, calcite e clorite.

Le trasformazioni mineralogiche più evidenti, sebbene poco sviluppate, possono essere così schematizzate:

- il K-feldspato (ortoclasio e microclino) rimane generalmente preservato: si nota talora la blastesi di aggregati di stilpnomelano e la sostituzione da parte di albite;
- il plagioclasio, presenta numerose e finissime inclusioni di miche bianche, calcite e talora pumpellyite ed epidoto, mentre assume una composizione albitica;
- le miche bianche, pur conservandosi stabili, vengono sostituite lungo i bordi da miche verdoline fengitiche, cloriti e stilpnomelano;
- il quarzo ricristallizza in aggregati granoblastici di quarzo II.

Pur se percentualmente poco abbondante, è molto diffusa in queste rocce una mineralizzazione a pirite, in individui idioblastici e porfiroblastici.

Conclusioni

Risultato principale di questa investigazione petrografica sulle litologie delle varie unità pre-Mesozoiche della Liguria occidentale, è stato il riconoscimento di un'evoluzione metamorfica alpina, esplicatasi, almeno localmente, in due fasi successive, caratterizzate dalle seguenti paragenesi:

I fase:

- associazione a: lawsonite + Na-anfibolo ± pumpellyite ± Mg-Fe-clorite ± albite;
- associazione a: Na-anfibolo + pumpellyite ± epidoto ± clorite ± albite;

II fase:

- associazione a: pumpellyite + miche bianche ± calcite ± epidoto + cloriti + albite ± Na-anfibolo;
- associazione a: attinoto + mica bianca + pumpellyite + albite ± stilpnomelano ± biotite verde.

Questi due gruppi di paragenesi mostrano che le rocce esaminate hanno subito un'evoluzione metamorfica da facies di relativa alta pressione e bassa temperatura (facies degli Scisti Blu, facies a lawsonite + albite, facies degli Scisti Verdi a Na-an-

fibolo), fino a facies di più basso grado, comprese tra le facies a Prehnite-Pumpellyite e degli Scisti Verdi: localmente sono state pure riconosciute fasi metamorfiche tardive a zeoliti (CORTESOGNO et al., 1974). In fig. 8 sono riportate le curve sperimentali di stabilità per alcuni minerali metamorfici e vengono individuate le condizioni di P e T alle quali si sono parzialmente equilibrate le rocce in esame, durante l'evoluzione alpina.

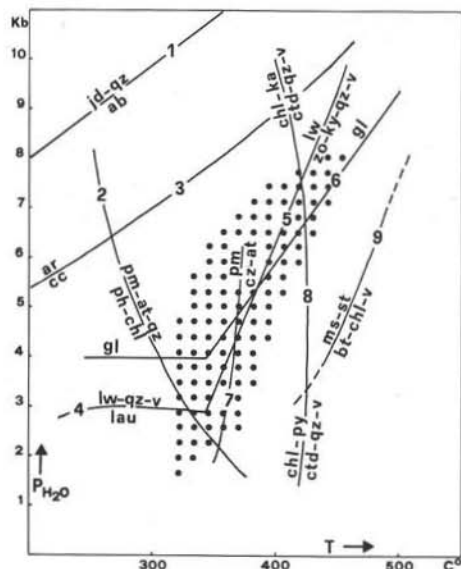


Fig. 8. — Diagramma P-T delle condizioni di equilibrio metamorfica nello stadio di alta pressione e bassa temperatura e del successivo metamorfismo retrogrado delle rocce in esame (area punteggiata), basato sulle curve di equilibrio dei minerali, dedotte sperimentalmente, da: 1) KUSHIRO (1969); 2) NITSCH (1971); JOHANNES e PUHAN (1971); 4) NITSCH (1968); 5) NITSCH (1972); 6) MARESCH (1977); 7) NITSCH (1971); 8) HOSCHEK (1969); 9) TURNER (1968) e WINKLER (1970); *ab* = albite, *ar* = aragonite, *at* = attinoto, *bt* = biotite, *cc* = calcite, *chl* = clorite, *ctd* = clinozoisite, *gl* = glaucofane, *jd* = jadeite, *ka* = caolinite, *ky* = cianite, *lau* = laumontite, *lw* = lawsonite, *ms* = muscovite; *ph* = prehnite, *pm* = pumpellyite, *py* = pirofillite, *qz* = quarzo, *st* = stilpnomelano, *zo* = zoisite, *v* = vapore.

Sulla base dei caratteri litologici e geologico-strutturali, numerosi Autori hanno già sottolineato la corrispondenza tra i massicci cristallini liguri ed il Permo-Carbonifero Brianzonese ligure, da un lato, e la Zona Brianzonese - Gran S. Bernardo, dall'altro.

Questo nostro lavoro dimostra che il confronto è valido anche sulla base della loro evoluzione metamorfica: le litologie liguri sono infatti evolute in ambienti geodinamici compatibili con una zona di subduzione, analoghi agli ambienti evolutivi dei massicci cristallini e delle associate sequenze sedimentarie della Zona suddetta, che mostrano paragenesi alpine a pirosseno giadeitico + quarzo ± anfibolo sodico ± lawsonite ± pumpellyite (Bocquet, 1974, con bibliografia).

È certamente prematuro, alla luce delle attuali conoscenze, identificare le relazioni tra l'evoluzione metamorfica e quella tettonica dell'area in esame: più avanzate fasi di ricerca coordinata dovranno stabilire se e quali variazioni paragenetiche significative esistano tra le varie unità strutturali e all'interno di ciascuna di esse.

Lo stato attuale delle nostre conoscenze ci consente soltanto di precisare quanto segue:

- nell'Unità Calizzano-Savona si raggiunge la facies degli Scisti Blu in una parte del massiccio di Savona ed in quello di Loano, mentre in generale l'associazione mineralogica prevalente è in facies Scisti Verdi a glaucofane;
- nell'Unità di Pamparato-Murialdo, entro le sequenze metasedimentarie e meta-vulcaniche, si rinvencono relitti della prima fase metamorfica, mentre sono più

generalmente rappresentate associazioni mineralogiche riferibili alla seconda facies;

— le Unità di Mallare e di Ormea-M. Carmo-Rialto mostrano paragenesi compatibili con la seconda facies metamorfica.

Ringraziamenti. — Intendiamo ringraziare B. LOMBARDO per la revisione critica del manoscritto e gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

- BLOCH J. P. (1964 a) - *Les gneiss du domaine Briançonnais ligure: existence de deux ensembles pétrographiques: gneiss du type Nucetto; gneiss à biotite et amphibolites.* C. R. Ac. Sc. Paris, p. 259.
- BLOCH J. P. (1964 b) - *Les gneiss du domaine Briançonnais ligure: existence d'une unité charriée et disjointe à matériel cristallobillien.* C. R. Ac. Sc. Paris, p. 259.
- BLOCH J. P. (1965) - *Nappe de cisaillement et érosion précoce dans les Alpes ligures.* C. R. Ac. Sc. Paris, p. 260.
- BLOCH J. P. (1966) - *Le Permien du domaine Briançonnais ligure. Essai de chronologie des formations anté-triasiques.* Atti del Symposium sul Verrucano. Soc. Tosc. Sc. Nat..
- BOCQUET J. (1974) - *Etudes minéralogiques et pétrologiques sur les métamorphismes d'âge alpin dans les Alpes françaises.* Univ. de Grenoble, thèse.
- BOITEAU A. (1971) - *Un exemple de la tectonique des Alpes Ligures: la région du Monte Carmo (Italie).* Géologie Alpine, p. 47.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, Fogli 81: « Ceva », 82: « Genova », 92-93: « Albenga-Savona », II ed., 1971.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1969 a) - *Nuovi dati sulla distribuzione del Carbonifero nella Liguria occidentale.* Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 8, 46.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1969 b) - *Osservazioni preliminari sulle rocce verdi del Permo-Carbonifero brianzonese ligure.* Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 8, 46.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1969 c) - *Osservazioni sulla posizione strutturale dei massicci cristallini della Liguria occidentale (Fg. « Albenga-Savona »).* Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 8, 47.
- CERRO A., GIANOTTI R., VANOSI M. (1969 d) - *Sull'inizio dell'attività vulcanica acida nel tardo Paleozoico del Brianzonese ligure.* Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 8, 48.
- CHIESA S., CORTESOGNO L., FORCELLA F., GALLI M., MESSIGA B., PASQUARÈ G., PEDEMONTE G. M., PICCARDO G. B., ROSSI P. M. (1975) - *Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri.* Boll. Soc. Geol. It., 94.
- CIMMINO F., CORTESOGNO L., LUCCHETTI G. (1976) - *Orneblende nelle anfiboliti dei Massicci cristallini liguri.* Rend. Soc. It. Min. Petr., 32.
- CONTI S. (1948) - *Il Massiccio granitico di Pallare-Fornelli e le lame triassiche nell'Antracolitico di Mallare-Bormida (Alpi Liguri).* Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., 8, 2.
- DE STEFANI C. (1887) - *L'Appennino fra il Colle dell'Altare e la Polcevera.* Boll. Soc. Geol. It., 6.
- FORCELLA F., MOTTANA A., PASQUARÈ G. (1973) - *Il Massiccio Cristallino interno di Valosio (Gruppo di Voltri, prov. di Alessandria).* Mem. Soc. Geol. It., 12.
- FRANCHI S. (1927) - *I nuovi dati per la tettonica del Massiccio Cristallino Savonese.* Boll. Soc. Geol. It., p. 46.

- HOSCHEK G. (1969) - *The stability of staurolite and chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks*. Contr. Min. Petrol., 22.
- KEREZ C. (1955) - *Zur Geologie des Savonese*. Mitt. Geol. Inst. E.T.H. Zurich.
- KUSHIRO I. (1969) - *Clinopyroxene solid solution formed by reaction between diopside and plagioclase at high pressure*. Min. Soc. Amer. sp. pap., 2.
- JOHANNES W., PUHAN D. (1971) - *The calcite-aragonite transition, reinvestigated*. Contr. Min. Petrol., 31.
- MARESCHE W. Y. (1977) - *Experimental studies on glaucophane: an analysis of present knowledge*. Tectonoph., 43.
- MAZZUOLI L. (1887) - *Sul carbonifero della Liguria occidentale*. Boll. R. Com. Geol. It., 18.
- MESSIGA B., CORTESOGNO L., PEDEMONTE G. M. (1975) - *Caratteri del metamorfismo alpino su rocce del cristallino savonese sottostante la Falda di Montenoite*. Boll. Soc. Geol. It., 94.
- NITSCH K. H. (1968) - *Die Stabilität von lawsonit*. Naturwissenschaften, 55.
- NITSCH K. H. (1971) - *Stabilität sbeziehungen von prehnit - und pumpellyit - haltingen paragenesen*. Contr. Min. Petrol., 30.
- NITSCH K. H. (1972) - *Das P-T-XCO₂ stabilitatsfeld von lawsonit*. Contr. Min. Petrol., 34.
- PORTIS A. (1887) - *Sulla scoperta delle piante fossili carbonifere di Viozene nell'alta valle del Tanaro*. Boll. R. Comm. Geol. It., 18.
- REINSCH D. (1966) - *Das Kristallin von Calizzano, Ligurische Alpen*. N. Jb. Miner. Abh., 105.
- ROVERETO G. (1939) - *Liguria geologica*. Mem. Soc. Geol. It., 2.
- SIEDEL E., OKRUSCH M. (1974) - *Chloritoid - bearing metapelites associated with glaucophane rocks in western Crete, Greece*. Contr. Min. Petr., 49.
- SQUINABOL S. (1887) - *Nota preliminare su alcune impronte fossili nel Carbonifero superiore di Pietratagliata*. Gior. Soc. Lett. e Convers. Sc., 3, 8.
- TERMIER P., BOUSSAC J. (1912) - *Sur le Massif cristallin ligure*. Bull. Soc. Geol. Fr., 12.
- TURNER F. T. (1968) - *Metamorphic petrology*. Mc Graw-Hill, New York.
- VANOSI M. (1978) - *Aperçu schématique des unités géologiques des Alpes Maritimes entre l'Ellero et la Mer Ligure*. Reun. extraord. Soc. Geol. France (16-26 sett. 1978, pré-tirage).