

ALFREDO BEZZI e GIOVANNI B. PICCARDO

STUDI PETROGRAFICI
SULLE FORMAZIONI OFIOLITICHE DELLA LIGURIA.
RIFLESSIONI SULLA GENESI DEI COMPLESSI OFIOLITICI
IN AMBIENTE APPENNINICO E ALPINO

Nota preliminare (*)

RIASSUNTO. — Viene segnalato il ritrovamento ed il riconoscimento di strutture emulitiche e di layering magmatico nelle ofioliti dell'Appennino ligure orientale, e strutture di layering nelle associazioni gabbro-peridotitiche del Gruppo di Voltri (Liguria occidentale).

L'interpretazione di queste caratteristiche strutturali, tessiturali e paragenetiche, sulla base di un dettagliato studio geo-petrografico e strutturale, potrà consentire una migliore comprensione del problema genetico di queste rocce.

ABSTRACT. — Primary emulitic textures and magmatic layering in the ophiolites of eastern Appennino ligure, and layering textures in the gabbro-peridotite complex of Gruppo di Voltri (western Liguria) are recognized and signalized.

The interpretation of these textural, structural and paragenetic features will give a basis for a better understanding of the genesis of these rocks.

Il problema genetico delle associazioni ofiolitiche e delle rocce ultrafemiche è stato oggetto in questi ultimi anni degli studi di numerosi Autori. Accanto a lavori geologici e petrografici prevalentemente descrittivi, sono comparsi alcuni importanti contributi volti alla discussione e alla revisione delle teorie sulla genesi di queste rocce.

VUAGNAT (1963) ha preso in considerazione l'evoluzione delle concezioni riguardanti la trilogia diabasi, gabbri, serpentiniti, a partire dalla teoria « classica » di STEINMANN (1927), che considerava queste formazioni come il risultato della intrusione di un laccolite. Egli ha

(*) Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R.

messo a confronto questa ipotesi con le altre teorie sorte per spiegare l'origine e la messa in posto di queste rocce: l'ipotesi trasformista, l'ipotesi vulcanica vera e quella pluto-vulcanica, ed infine quella subcrostale, e le ha discusse, basando le sue osservazioni sulle esperienze personali, rivolte specialmente alle associazioni ofiolitiche meno metamorfiche che, a suo parere, sono le più adatte a fornire dati sulla loro genesi.

VAN DER KAADEN (1964), il cui interesse principale era rivolto alla prospezione dei giacimenti di cromite, ha fatto una analoga revisione dei concetti sulla genesi delle associazioni ultrafemiche di tipo alpino ⁽¹⁾, trascurando i termini effusivi delle ofioliti, in quanto non strettamente legati ai depositi di cromite. Accanto alle teorie, ricordate anche da VUAGNAT, che vogliono spiegare l'origine di queste formazioni come gigantesche colate sottomarine (ipotesi vulcanica e pluto-vulcanica) o come prodotti di azioni metasomatiche (ipotesi trasformista), questo Autore mette in particolare risalto l'ipotesi subcrostale, riportando e discutendo le varie interpretazioni che i diversi studiosi hanno dato a questo concetto:

- messa in posto di materiale ultrafemico allo stato solido, proveniente dal substrato peridotitico; fenomeni di layering, fogliazione e lineazione sono spiegati sia come strutture ereditate dal substrato, sia come strutture metamorfiche;
- messa in posto di materiale ultrafemico rimobilizzato, derivante dal substrato peridotitico, sotto forma di una sospensione di cristalli in una fase fluida (crystal mush); le strutture primarie sono modificate in strutture di flusso (flow textures);
- messa in posto di un magma peridotitico;
- intrusione di un magma basaltico, che forma complessi stratiformi in profondità; in un'epoca geologica molto posteriore questi furono coinvolti dalla tetto-genesi alpina.

Da questa revisione e discussione emerge come la maggior parte degli studiosi moderni propenda per una derivazione subcrostale delle rocce basiche ed ultrabasiche; VAN DER KAADEN ritiene che le prime

⁽¹⁾ Il termine « alpino » o « di tipo alpino » (alpine-type), coniato da BENSON (1926) e precisato da diversi Autori, in particolare da THAYER (1960, 1967), è ormai di uso comune per indicare le associazioni femiche ed ultrafemiche delle zone orogeniche.

tre interpretazioni esposte siano le più probabili e convincenti, in particolare la seconda.

In effetti non vi sono fra di loro grosse differenze: per la prima ipotesi le deformazioni cristalline dei singoli minerali delle rocce ultrafemiche e dei depositi di cromite, nello stadio precedente la serpentinizzazione, dovevano essere già presenti in profondità. La seconda e la terza differiscono tra loro nel grado di mobilità del fuso silicatico che viene considerato o come un « crystal mush » mobile, costituito prevalentemente da olivina, o come un magma viscoso. L'Autore mette in evidenza come « queste tre interpretazioni spieghino in maniera più o meno soddisfacente i fenomeni di layering, di fogliazione, di lineazione, di strutture di flusso e le deformazioni dei depositi di cromite e delle rocce ultrabasiche, nello stadio precedente la serpentinizzazione ».

Sebbene siano numerosi gli Autori che hanno descritto questi fenomeni, è stato soprattutto THAYER (1960) che ha messo in risalto la loro importanza per la comprensione della genesi dei complessi gabbro-peridotitici di tipo alpino, e la estrema necessità di conoscere strutture e tessiture caratteristiche dei complessi stratiformi, per una migliore comprensione dei meccanismi genetici, dal momento che in essi le originarie relazioni di cristallizzazione sono perfettamente conservate.

Questi complessi, di cui i più noti sono lo Stillwater (Montana, U.S.A.), il Bushveld (Sud Africa), il Great Dyke (Rhodesia), il Rhum (Scozia), lo Skaergaard (Groenlandia), il Duluth (Minnesota, Wisconsin, U.S.A.), sono oggi petrograficamente molto ben conosciuti. Come è ben noto, tali intrusioni basiche sono caratterizzate da una generale disposizione stratificata (layering) delle rocce costituenti, per differenziazione all'interno della camera magmatica: la sequenza di tali rocce normalmente è rappresentata, procedendo dal basso verso l'alto, da peridotiti, pirosseniti, troctoliti, noriti e gabbri, anortositi, talora fino a rocce decisamente acide quali granodioriti, graniti e granofiri; associati alle rocce basiche ed ultrabasiche, sono presenti letti e lenti di cromitite.

Questa caratteristica strutturale si esplica in modi diversi a volte coesistenti:

- stratificazione ritmica (rhythmic mineral layering) caratterizzata da una fitta ripetizione di vari tipi petrografici, con differenza di composizione fra strato e strato;

- stratificazione generale (macrorhythmic layering), dovuta alla normale cristallizzazione frazionata e differenziazione gravitativa su grande scala, con variazioni meno evidenti tra le zone profonde più basiche e le zone elevate più acide; a questo motivo strutturale viene anche ascritta la cosiddetta
- cripto-stratificazione (cryptic layering), dovuta alla graduale caratteristica variazione nella composizione chimica, all'interno delle serie isomorfe di minerali quali olivine, plagioclasti, pirosseni.

I vari tipi di layering sono essenzialmente regolati dal frazionamento e dalla deposizione gravitativa (crystal settling) delle fasi cristallizzate; le rocce che hanno avuto origine da tale accumulo di cristalli sul fondo della camera magmatica prendono il nome di « cumuliti » (cumulates). Si deve in particolare a JACKSON (1961, 1967), a WAGER, BROWN e WADSWORTH (1960) e a WAGER (1968) la descrizione, la classificazione e la nomenclatura delle cumuliti, dei loro componenti, degli strati (layers), degli orizzonti e delle altre strutture caratteristiche.

THAYER (1960), come abbiamo già detto, ha messo in evidenza l'importanza di conoscere tali strutture, ha puntualizzato e messo a confronto i caratteri distintivi dei due tipi di complessi, alpini e stratiformi, in base a forma, strutture, tessiture, tipi di layering, fogliazione, lineazione, composizione mineralogica e chimica, e caratteristiche dei depositi di cromite. Dal momento che era stata formulata l'ipotesi (SMITH, 1958) della possibile esistenza di una serie graduale da peridotiti di tipo alpino, fino a complessi gabbro-peridotitici stratiformi, egli sottolinea il fatto che l'analisi comparativa delle loro caratteristiche rivela differenze che sono geneticamente più importanti delle loro somiglianze.

Secondo questo Autore (THAYER, 1963) stratificazione di composizione (compositional layering) fra gabbro e peridotite, fogliazione e lineazione, nei complessi di tipo alpino, sono dovute principalmente a fenomeni di flusso (flow layering) su larga scala di un magma in gran parte cristallino durante la messa in posto. Lo smembramento di strutture primarie ⁽²⁾ relitte, formate per deposizione gravitativa, ed il fatto che flow layering, fogliazione e lineazione tagliano i contatti tra le

⁽²⁾ Col termine « primario » THAYER intende nei complessi alpini, soltanto relitti di strati o di strutture paragonabili a quelli noti nei complessi stratiformi.

rocce quali cromititi, duniti, harzburgiti e gabbri senza deviazione, mostrano che il flow layering è posteriore.

La stratificazione per flusso nei complessi alpini non è così netta e regolare come quella per crystal settling nei complessi stratiformi, e gli strati adiacenti hanno un contrasto di composizione molto maggiore. Fogliazione e lineazione sono in stretta relazione con il layering, e per la maggior parte parallele ad esso, ma talora possono intersecarlo. Secondo l'Autore vi sono molte ragioni per ritenere che le strutture di flusso non siano dovute a deformazioni regionali su rocce allo stato solido.

Più recentemente THAYER (1967), in base all'analisi comparativa, sui diagrammi AFM, dell'andamento del frazionamento nei complessi di tipo alpino ed in quelli stratiformi, ha scritto che, ammettendo le peridotiti ed i gabbri alpini, caratterizzati da strutture e tessiture « metamorfiche » (flow layering, ecc.) con paragenesi ignee, come differenziati magmatici, il magma originario, o l'andamento del frazionamento, o probabilmente entrambi, sono differenti da quelli dei complessi intrusivi stratiformi.

Data la somiglianza che si riscontra in tutti i massicci di tipo alpino e le relazioni tra peridotiti, gabbri e depositi podiformi di cromite, questo Autore ha suggerito l'ipotesi di una comune origine per tutti i complessi gabbro-peridotitici di tipo alpino. Egli (THAYER, 1963, 1964) aveva già sostenuto la possibilità che i complessi alpini fossero essenzialmente parti di complessi formati per stratificazione gravitativa di peridotite e gabbro, nelle zone profonde della crosta o nella parte superiore del mantello. Queste masse gabbro-peridotitiche, parzialmente rifuse e rimobilizzate, si sarebbero poi messe in posto contemporaneamente in un'epoca successiva, durante l'orogenesi, sotto forma di crystal mushes, contenenti aggregati di cromite allo stato solido.

VUAGNAT (1968), rivedendo criticamente le idee esposte dal suddetto Autore, ha sottolineato il fatto che lo studio delle ofioliti della catena alpina propriamente detta, cioè quella che si estende dal Mediterraneo a Vienna, a cui si può aggiungere l'Appennino, ha contribuito molto poco allo sviluppo del concetto di ultramafiti di tipo alpino, e che « non bisogna quindi meravigliarsi troppo se le ultramafiti delle Alpi propriamente dette non possiedono alcune delle caratte-

ristiche proposte da THAYER », come depositi di cromite di qualche importanza e rocce dioritiche e soprattutto granofiriche associate.

Lo stesso THAYER, in seguito ad escursioni sul terreno sui principali affioramenti dell'arco delle Alpi Occidentali Italiane (1968), del Gruppo di Voltri e dell'Appennino ligure orientale (1969), ha rilevato (comunicazione personale) come la sua classificazione del 1960, pur essendo ancora valida, necessiti di una revisione per includere complessi delle Alpi propriamente dette, che sono simili in alcune caratteristiche, ma non in altre, alle « sue » rocce di tipo alpino, peraltro non presenti nelle Alpi.

NICOLAS, che ha studiato il complesso Ofioliti - Schistes lustrés tra la Dora Maira e il Gran Paradiso (NICOLAS, 1966 a, 1966 b, 1967, 1968, 1969 a, 1969 b, 1969 c), nel suo lavoro più recente sulle ultramafiti delle Alpi Occidentali interne, ha dato una visione unitaria alla genesi ed alla messa in posto di tutte queste masse, ispirandosi, come egli stesso dice, allo scambio di opinioni avuto con T. P. THAYER e E. D. JACKSON.

Secondo l'Autore questi massicci ultrabasici provengono da un'area ristretta del mantello, come indicano la loro affinità chimica ed il loro allineamento sul terreno, e sono risaliti, attraverso la crosta, in parecchie tappe. La derivazione e l'evoluzione di queste masse sono testimoniate dalle tracce di ricristallizzazione e deformazione che accompagnano la paragenesi principale, dalla presenza di paragenesi antiche di alta pressione, dalla modificazione di queste verso associazioni mineralogiche di minor pressione e dallo stretto legame di queste paragenesi successive prealpine con deformazioni di stile profondo.

* * *

Questa premessa, che vuole essere una breve e limitata sintesi degli studi più attuali sulle associazioni di rocce femiche ed ultrafemiche, sulle loro relazioni, caratteristiche strutturali e tessiturali, e sulla loro genesi, ci è parsa necessaria per affrontare il problema genetico delle ofioliti della Liguria, che affiorano su vaste aree, sia in ambiente alpino che in ambiente appenninico.

Nel Gruppo di Voltri (Liguria occidentale) le ofioliti sono state interessate dal metamorfismo legato all'orogenesi alpina, con facies che variano da scisti verdi, scisti a glaucofane ed eclogiti; le ultramafiti sono spesso profondamente serpentizzate ed i minerali del ser-

pentino sono prevalentemente rappresentati da antigorite, con subordinato crisotilo. Non si conoscono finora concentrazioni di cromite: questo spinello, parzialmente sostituito da magnetite, è presente nelle peridotiti meno serpentinite. In questa zona le ultramafiti, che prevalgono fortemente sul gabbro, sono associate a calcescisti, prasiniti ed anfiboliti.

Nella Liguria orientale, le masse ofiolitiche, cui sono associati letti e lenti di cromititi, sono rappresentate da serpentiniti (a crisotilo e lizardite), gabbri, diabasi massicci ed in cuscini, e sono comprese nella formazione degli « argilloscisti ofiolitiferi », in ambiente di basso grado metamorfico (3).

Sulle ofioliti liguri, sia alpine che appenniniche, esiste già una vastissima letteratura geologica e petrografica, a partire dai lavori dei vecchi Autori, quali FRANCHI, ISSEL, MAZZUOLI, ROVERETO e SACCO, che per primi affrontarono questo problema (4).

Fra coloro che hanno preso in considerazione il problema genetico di queste rocce, ricordiamo CONTI (1955, 1963, 1964, 1965), fautore dell'ipotesi metasomatica. Tralasciando considerazioni di carattere geologico e petrografico, riteniamo che VUAGNAT (1963), basandosi sul lavoro di FAUST e FAHEY (1962), abbia già sufficientemente messo in evidenza come l'indagine geochimica possa confermare o meno la validità di questa ipotesi per le ultramafiti. Da parte sua, Van Der KAADEN (1964) ha ritenuto di non dover discutere l'ipotesi trasformista, dal momento che non spiega le concentrazioni di cromite. Questo minerale, presente come granuli diffusi nelle peridotiti più fresche del Gruppo di Voltri, è relativamente abbondante nelle ofioliti della Riviera di Levante.

(3) In un lavoro dell'Istituto di Petrografia di Genova, di prossima pubblicazione, verrà segnalato come in questa zona sia largamente presente la facies a prehnite-pumpellyite, che testimonia come le ofioliti della Liguria orientale siano state sottoposte a debole metamorfismo regionale.

(4) Ricordiamo, fra gli altri, alcuni contributi comparsi negli ultimi quindici anni: BONI (1961), CONTI (1955, 1963, 1964, 1965), CRETTEZ (1955), DECANDIA e ELTER (1969), ELTER (1960), ELTER e RAGGI (1965 a, 1965 b), ELTER, GIANNINI, TONGIORGI e TREVISAN (1960), GALLI (1954, 1956, 1957, 1958, 1959, 1963 a, 1963 b, 1963 c, 1964 a, 1964 b), GALLI e BEZZI (1967, 1969), GALLI e TOGLIATTI (1965), GALLI, BEZZI e TOGLIATTI (1965), LABESSE (1962), LOCHER (1957), PASQUARE (1958), PASSERINI (1962, 1964, 1965), PENCO (1963), TREVISAN (1956).

GALLI (1964), nella memoria in cui riunisce in un quadro conclusivo tutti i suoi contributi sulle rocce ofiolitiche dell'Appennino ligure, come anche PELLIZZER (1961), che aveva fornito uno studio petrografico completo di quelle dell'Appennino emiliano, strettamente analoghe alle liguri, ha ritenuto valida una genesi magmatica. Come lo stesso Autore ha scritto, il suo lavoro ha voluto essere il punto di partenza per nuove osservazioni e discussioni, nella speranza che in futuro, con l'estendersi delle ricerche, si sarebbe potuto avere una sempre più chiara visione d'insieme.

Di recente DECANDIA e ELTER (1969), sulla base di considerazioni geologiche, hanno avanzato l'ipotesi di una genesi subcrostale per spiegare l'origine dell'associazione gabbro-peridotitica del massiccio del Bracco. Concordiamo con i suddetti Autori sul fatto che queste rocce derivino da materiale subcrostale e sulla possibilità che la geosinclinale ligure sia confrontabile con una attuale area oceanica, per cui la zona ofiolitica del Bracco potrebbe rappresentare l'equivalente di una dorsale medio-oceanica.

E' molto interessante a questo proposito uno degli ultimi contributi di THAYER (1969) ove egli suggerisce che i complessi gabbro-peridotitici possano rappresentare la chiave per la petrologia delle dorsali medio-oceaniche. L'Autore sostiene che la versione maggiormente accettata dell'ipotesi sull'evoluzione del fondo oceanico (HESS, 1962; GIRDLER, 1965) implica che alcune caratteristiche associazioni di rocce vulcaniche e plutoniche si dovrebbero ritrovare sia nelle eugeosinclinali che nelle dorsali medio-oceaniche, nonostante la differente tettonica nei due ambienti. Se le rocce che si sono formate lungo e al di sotto di una dorsale si muovono lateralmente, e scendono sotto i margini continentali come una cintura mobile (conveyor belt) (ISACKS, OLIVER e SYKES, 1968), queste rocce, chiamate da DIETZ (1963) frammenti di dorsali oceaniche, possono conservare alcune originarie relazioni strutturali. Secondo THAYER (1969), a sostegno di questa ipotesi, il confronto fra il massiccio di tipo alpino di Troodos, Cipro (GASS, 1967, 1968), interpretato come una antica dorsale medio-oceanica, e le associazioni basiche ed ultrabasiche delle Bowutu Mountains, Papua (DAVIES, 1968), e di Cuba orientale (FLINT e altri, 1948; HESS, 1964 THAYER, 1942), interpretate come rocce oceaniche presso i margini continentali, rivela molte similitudini, specialmente nelle caratteristiche paragenetiche e per la presenza di strutture cumulitiche e di layering.

In base alle esperienze maturate dalla conoscenza dei più moderni lavori sui complessi basici-ultrabasici, i nostri studi preliminari di campagna ci hanno permesso di riconoscere, nelle associazioni gabbro-peridotitiche della Liguria, sia su affioramenti già noti, che su nuovi affioramenti, particolari caratteristiche paragenetiche, strutturali e tessiturali (strutture cumulitiche e di layering), di notevole interesse. Sull'importanza di questi riconoscimenti siamo stati confortati dalle discussioni e dalle osservazioni fatte sul terreno assieme ad alcuni autorevoli specialisti ⁽⁵⁾. Pensiamo dunque che lavori sistematici di carattere geo-petrografico e strutturale, nel senso indicato da THAYER (1960, 1963, 1967), e l'interpretazione di queste caratteristiche, alla luce delle ricerche più attuali, potranno portare nuovi interessanti contributi e conferme e rivelarsi importanti per la comprensione del problema genetico delle ofioliti liguri.

Il riconoscimento e la segnalazione di queste strutture ci sono parsi pertanto utili.

Segnalazione degli affioramenti.

LIGURIA ORIENTALE.

Vogliamo ricordare che i complessi ofiolitici in questo areale sono stati sottoposti a metamorfismo regionale di basso grado: mentre le strutture primarie sono a volte perfettamente conservate, le paragenesi magmatiche sono molto spesso profondamente trasformate. L'identificazione della associazione mineralogica primaria e la definizione delle varie rocce originarie sono basate sullo studio dei relitti strutturali e paragenetici e sull'interpretazione della paragenesi metamorfica sovrainposta; quindi, quando ciò è stato possibile, abbiamo indicato i litotipi con il nome della roccia d'origine.

⁽⁵⁾ Vogliamo qui ricordare con simpatia e gratitudine i partecipanti all'escursione sugli affioramenti del Monginevro, Lanzo, Val d'Aosta, Finero, Alpe Arami (estate 1968): D. S. COOMBS, G. V. DAL PIAZ, H. L. DAVIES, F. H. FORESTIER, M. GALLI, H. HELMERS, E. D. JACKSON, G. VAN DER KAADEN, A. NICOLAS, T. P. THAYER, M. VUAGNAT; e alle escursioni sul Gruppo di Voltri e sull'Appennino ligure orientale (estate 1969): A. NICOLAS, A. KNIPPER, P. PASSERINI, A. PEIVE, T. P. THAYER.

Per la descrizione delle strutture cumulitiche e di stratificazione abbiamo adottato la nomenclatura proposta da JACKSON (1961, 1967), WAGER (1968), e WAGER, BROWN e WADSWORTH (1960).

1) *Passo del Bracco (F. 95 I.G.M. - tav. Castiglione Chiavarese).*

La massa gabbrica di questa zona era stata studiata da ISSEL e MAZZUOLI (1881) e più recentemente da GALLI (1958, 1964); questi Au-

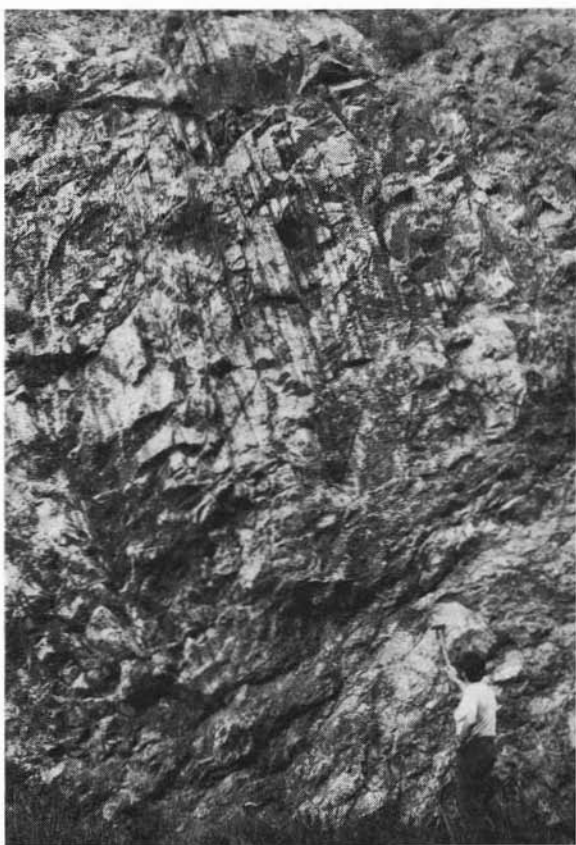


Fig. 1. — Passo del Bracco. Layering nel gabbro.

tori avevano posto in particolare rilievo la grande variabilità di grana di questa roccia, da normale a nettamente pegmatitica, e la quasi costante trasformazione in saussurite del plagioclasio, mentre il pirosseno rimane spesso ancora fresco.



Fig. 2. — Passo del Braeco. Particolare del layering: si noti la ripetizione di strati a minerali gradati (mineral graded layers), e la fogliazione parallela al piano del layering; la scala è dodici centimetri.



Fig. 3. — Passo del Braeco. Stratificazione nel gabbro; una banda pegmatitica (in alto a destra) taglia in discordanza la stratificazione del gabbro a grana medio-fine.

Sull'ampia superficie del taglio della strada, proprio all'altezza del Passo del Bracco, è possibile osservare un notevole layering nel gabbro (Fig. 1). Questa stratificazione è messa in risalto dall'alternanza di bande di colore bianco grigiastro con bande di colore verde. Questo motivo tessiturale sembra dovuto ad una ripetizione di strati a minerali gradati (mineral graded layers), con una variazione all'interno di ogni strato delle percentuali dei singoli minerali, con il plagioclasio che aumenta verso l'alto, e relativa diminuzione del pirosseno; il contatto di ogni strato con la base di quello superiore è



Fig. 4. — Cava della Baracca (Mattarana). Parti a grana fine e struttura cumulitica, associate a parti a grana pegmatitica, con strutture di tipo harrisitico (sotto il righello).

segnato dal repentino aumento del pirosseno. L'assetto strutturale di questi due minerali conferisce alla roccia una fogliazione, generalmente parallela al piano del layering (Fig. 2). E' interessante notare come queste strutture si siano conservate nel gabbro a grana fine, mentre mancano in quello pegmatitico; è probabile che una ricristallizzazione profonda, esplicitasi a spese del materiale a grana fine, abbia obliterato l'assetto strutturale più antico (Fig. 3), conferendo alla roccia il particolare aspetto pegmatitico.

2) *Cava della Baracca (Mattarana) (F. 95 I.G.M. - tav. Levanto).*

A circa due chilometri a levante del Passo del Braeco, in prossimità dell'abitato di Mattarana, si trova la Cava della Baracca. Questo affioramento è stato l'oggetto di alcuni studi di LINCIO (1930) e GALLI (1959, 1964), che ha riconosciuto la natura peridotitica della roccia. In attesa di uno studio più dettagliato, che abbiamo intenzione di compiere prossimamente, dato l'eccezionale stato di conservazione delle strutture qui presenti, preferiamo attualmente indicarla con il termine generico di peridotite feldspatica.

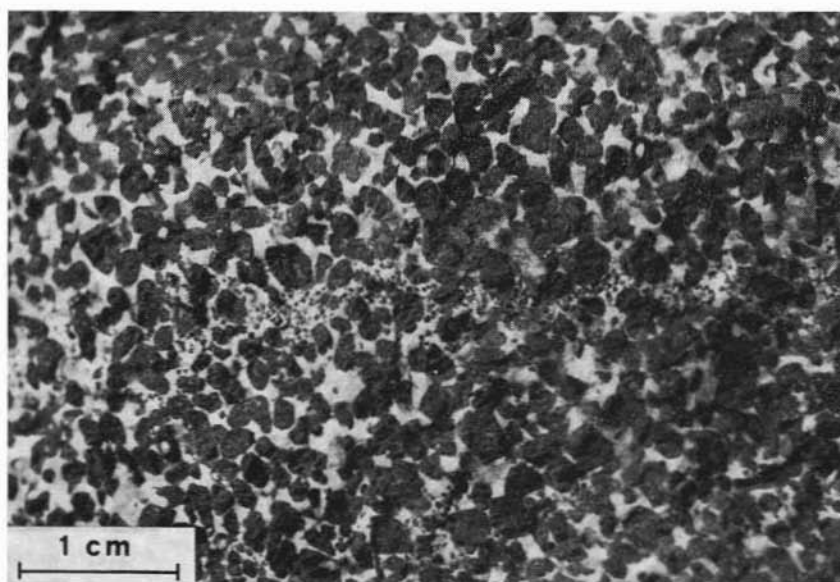


Fig. 5. — Cava della Baracca (Mattarana). Strutture cumulitiche nella peridotite feldspatica: granuli euedrali di olivina (scuri) e di cromite (di dimensioni nettamente inferiori) (minerali di cumulo), sono racchiusi da un interecumulo plagioclasico; il letto orizzontale di granuli di cromite (al centro nella foto) indica il piano del layering.

Già un primo esame macroscopico dell'affioramento consente di riconoscere, intimamente associate, parti a grana fine ed altre a grana molto grande (Fig. 4). Lo studio sull'affioramento, su sezioni lucidate di campioni della roccia, e su sezioni sottili, ha rivelato come le zone

a granulometria minore conservino alcune delle caratteristiche strutturali più tipiche delle cumuliti.

Sono qui riconoscibili infatti, quali minerali di cumulo (cumulus minerals), l'olivina, in granuli tondeggianti, ma molto spesso ben eudrali (le cui dimensioni variano generalmente tra 0,5 e 3 mm, molto di rado più grandi) e la cromite (con dimensioni in genere inferiori agli 0,5 mm), il cui idiomorfismo è molto meglio conservato di quello del nesosilicato, essendo gli ottaedri dello spinello soltanto debolmente arrotondati (Fig. 5). I minerali di intercumulo (intercumulus minerals)

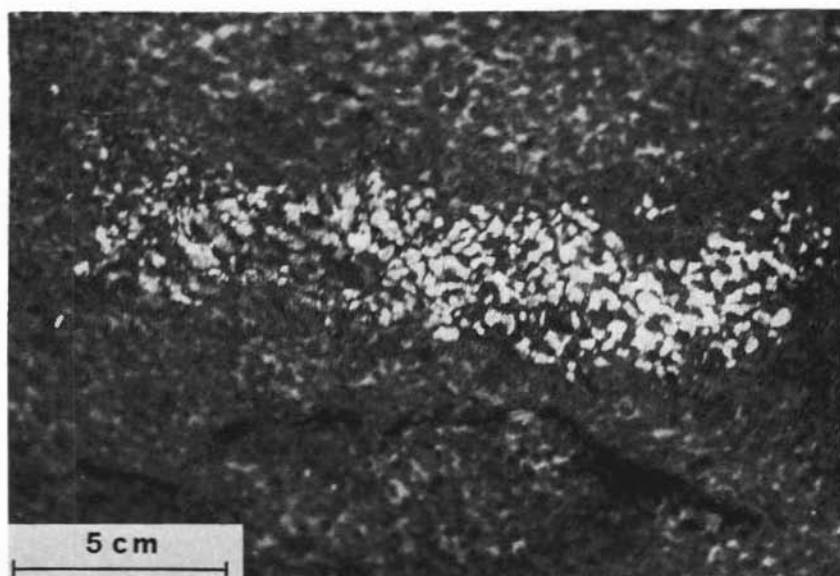


Fig. 6. — Cava della Baracca (Mattarana). La superficie riflettente (bianca) è un unico grande individuo peccilitico di clinopirosseno, che racchiude i minerali di cumulo.

sono rappresentati da plagioclasio (attualmente quasi completamente sostituito da clorite e prehnite) e pirosseno: entrambi sono spesso sotto forma di grandi individui peccilitici, le cui dimensioni possono raggiungere i 20 cm. Il clinopirosseno in particolare, sulle superfici fratturate o tagliate, si riconosce facilmente in quanto riflette con notevole intensità e contemporaneamente su tutta l'area occupata dal cristallo,

all'interno del quale sono chiaramente individuabili i granuli dei cumulus minerals (Fig. 6).

Una ripetizione di sequenze, caratterizzate dalla gradazione nelle dimensioni dei granuli di olivina (size graded layering) e letticelli di pochi centimetri di potenza, in cui si addensano i granuli di cromite (Fig. 5), conferiscono a questa roccia una netta stratificazione, limitata ad alcune zone dell'affioramento. Nell'ambito dell'unità stra-

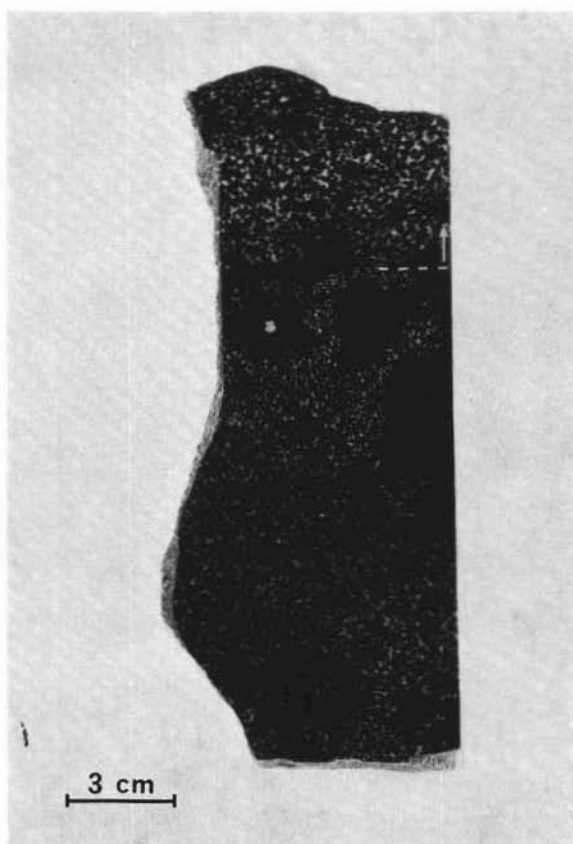


Fig. 7. — Cava della Baracca (Matarana). Campione di roccia lucidato; contatto (form contact) fra unità stratigrafiche dovute a gradazione nelle dimensioni dei granuli di olivina (size graded layers). Il tratteggio bianco segna il limite, la freccia indica la direzione della gradazione.

tigrafica le dimensioni dei granuli variano, presumibilmente dal basso verso l'alto, da 2-3 mm a meno di 0,5 mm, fermo restando il rapporto fra minerali di cumulo e di intercumulo (Fig. 7). Il passaggio all'unità successiva è segnato da un repentino cambiamento nelle dimensioni dei granuli (form contact). I letticelli in cui si addensa la cromite sono paralleli ai limiti dei layers, e sottolineano l'andamento della stratificazione.

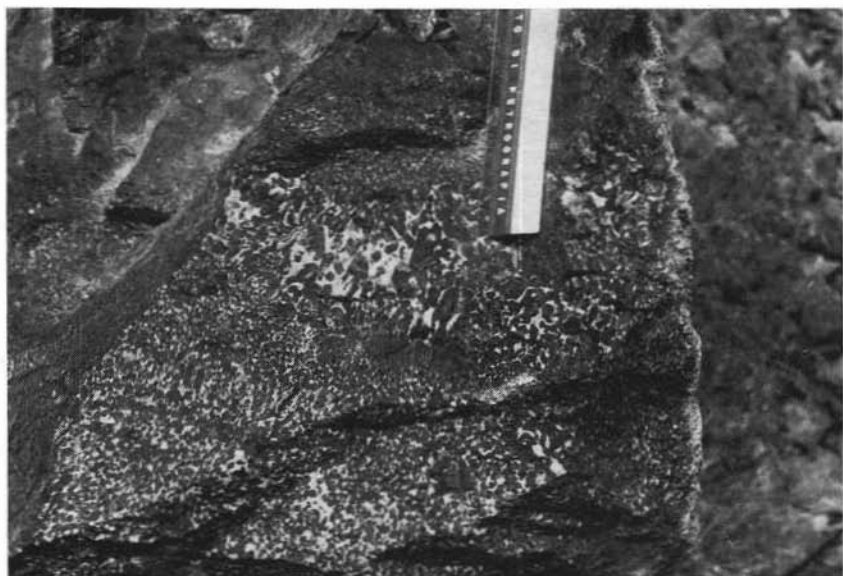


Fig. 8. — Cava della Baracca (Matarana). Peridotite feldspatica con zone a grana grossa, accanto a zone con normale struttura cumulitica.

In base a queste considerazioni strutturali si può dedurre che i granuli idiomorfi di olivina e cromite rappresentino i primi precipitati magmatici, successivamente accumulati, ed i minerali interstiziali il prodotto della cristallizzazione del fuso intrappolato fra i minerali depositati. Possiamo quindi definire la roccia come una cumulite ad olivina \pm cromite.

Accanto a queste zone stratificate, come detto precedentemente, sono osservabili masse in cui le dimensioni dei minerali raggiungono



Fig. 9. — Cava della Baracca (Mattarana). Campione della roccia lucidato. E' evidente la stretta associazione delle parti a grana fine e struttura cumulitica, con quelle a grana pegmatitica. AU: clinopirosseno pecilitico; OL: grandi individui di olivina ricristallizzati; PL: plagioclasio interstiziale.

proporzioni notevoli (Fig. 8): in particolare l'olivina, spesso con abito ben euedrale, può raggiungere anche parecchi centimetri (Fig. 9). La caratteristica più evidente di queste parti è una struttura di tipo harrisitico (Fig. 10) per la presenza di lamelle parallele ed interdigitate di olivina e plagioclasio, in un singolare abito scheletrico (Fig. 11). Questa struttura, che è stata descritta da WADSWORTH (1961) per le rocce ultrabasiche stratificate del Rhum, è normalmente considerata



Fig. 10. — Cava della Baracca (Mattarana). Strutture di tipo harrisitico, ben evidenti per le alternanze parallele di lamelle scure (olivina) e lamelle chiare (plagioclasio), nelle zone a grana pegmatoide.

come cumulitica. Anche THAYER (comunicazione personale) ha osservato nella miniera di cromite di Coto (Luzon, Filippine) strutture pegmatoidi molto simili: egli ritiene che una possibile spiegazione potrebbe essere la completa ricristallizzazione di queste parti in condizioni profonde.

Nel nostro affioramento strutture cumulitiche, a grana media e fine, e strutture di tipo harrisitico, a grana grossa, coesistono in stretta

associazione; lo studio particolare di queste strutture potrà fornire le informazioni necessarie a chiarirne le relazioni genetiche ⁽⁶⁾.

Sul fronte della cava, e poco sopra la Via Aurelia, che la sovrasta, e che in questo punto corre sul limite tra le ultramafiti ed il gabbro, la peridotite feldspatica, in alcuni punti, sembra fare transizione ad



Fig. 11. — Cava della Baracca (Matarana). Campione di roccia lucidato. Struttura di tipo harrisitico, di olivina, con abito scheletrico, e plagioclasio.

⁽⁶⁾ Indichiamo qui con «strutture di tipo harrisitico», strutture che hanno caratteri fisiografici, a parte le dimensioni, molto simili a quelli descritti da WADSWORTH (1961), anche se probabilmente non hanno avuto origine cumulitica.

una cumulite a pirosseno e plagioclasio; in effetti «passaggi sfumati verso termini gabbriici» erano stati segnalati da GALLI (1964).

Siamo del parere che lo studio dei rapporti e delle relazioni tra le due formazioni debba essere ulteriormente approfondito al fine di riconoscere se si tratti di una continuità primaria, di un contatto magmatico profondo, tra rocce già differenziate, di un contatto primario tettonizzato, o infine di un semplice accostamento tettonico.

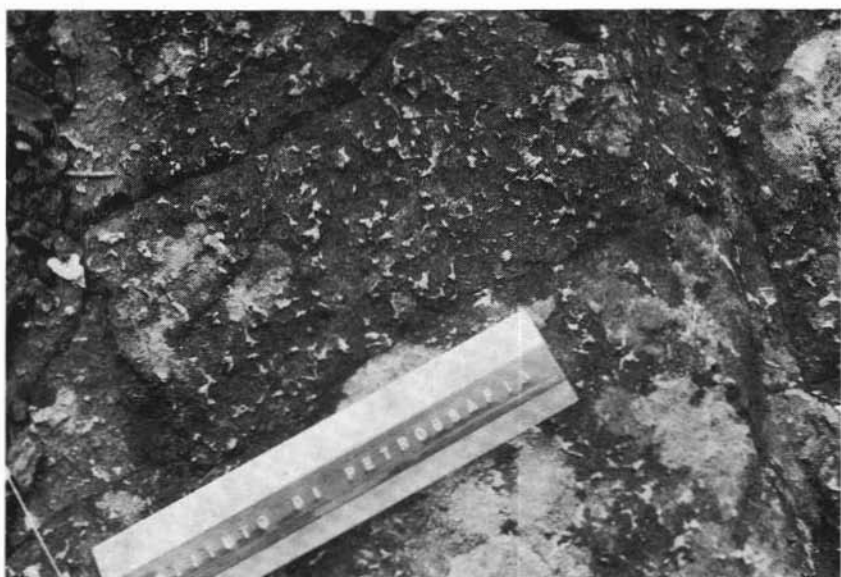


Fig. 12. — Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao. Caratteristica struttura «a cellette»: sulla superficie della peridotite feldspatica, alterata dagli atmosferici, risaltano in rilievo i minerali interstiziali meno erosi dell'olivina.

3) *Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao (F. 95 I.G.M. - tav. Castiglione Chiavarese).*

Quasi al centro della imponente massa gabbriica del Bracco, in corrispondenza della sella tra M. Groppi e M. San Nicolao, vi è un piccolo affioramento, che la vecchia carta geologica (F. 95 - La Spezia) indica come serpentinite.

Già l'esame sul terreno, confermato dall'analisi microscopica, sulla base delle strutture relitte ancora ben visibili, anche se non così ben conservate come nella cava della Baracca, e della paragenesi meta-

morfica, rivela la natura della roccia d'origine. Questa serpentinite appare costituita da granuli tondeggianti verde scuro, di dimensioni variabili da mezzo a qualche centimetro, di serpentino a maglie, su olivina, circondati da plaghe lobate di colore giallo biancastro di cloriti, che sostituiscono i preesistenti minerali interstiziali quali plagioclasti e pirosseni. All'interno delle masserelle cloritiche restano rari relitti dell'inosilicato, accanto ad individui euedrali di cromite, par-



Fig. 13. — Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao. Layering ritmico di peridotite feldspatica (con letti di cromite), gabbro e anortosite; la sequenza nella foto è costituita dallo strato grigio più scuro in basso (peridotite) e grigio chiaro in alto (gabbro e anortosite).

zialmente sostituiti da magnetite, a testimonianza della paragenesi magmatica dell'originaria peridotite feldspatica.

Sul terreno l'alterazione superficiale ha interessato in modo differenziale i vari minerali: l'olivina è più facilmente erosa rispetto ai minerali interstiziali. Ne risulta così una caratteristica struttura « a cellette » (la « honeycombed » del Rhum Ultrabasic Complex, WAGER e BROWN, 1968), che rispecchia abbastanza fedelmente la struttura della

roccia, data da piccole creste in rilievo, spesso subcircolari o poligonali, attorno a piccole depressioni, dovute alla scomparsa della preesistente olivina (Fig. 12). Il rinvenimento sul terreno di questo tipico aspetto d'alterazione è un buon metodo di campagna per il riconoscimento della originaria natura feldspatica della ultramafite.

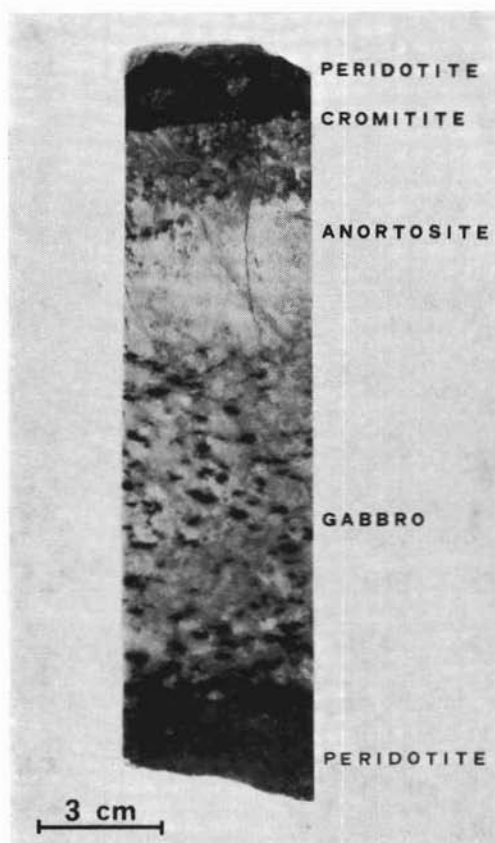


Fig. 14. — Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao. Campione lucidato di una sequenza ritmica; l'unità ritmica è costituita, dal basso verso l'alto, da cromitite, peridotite, gabbro e anortosite.

Le bande cloritiche mostrano spesso una certa lineazione, mentre i granuli di serpentino, specie sulle superfici più alterate, rivelano la caratteristica struttura « a ranocchiaia », data da vene di crisotilo e allineamenti di pigmentazione nera di magnetite, strettamente iso-

rientati. Già macroscopicamente si nota come la direzione di questi ultimi sia discordante rispetto alla lineazione delle plaghe cloritiche; questo fatto testimonia la sovrapposizione di strutture metamorfiche, legate alla messa in posto e alla serpentizzazione di queste masse, sulle precedenti strutture magmatiche.

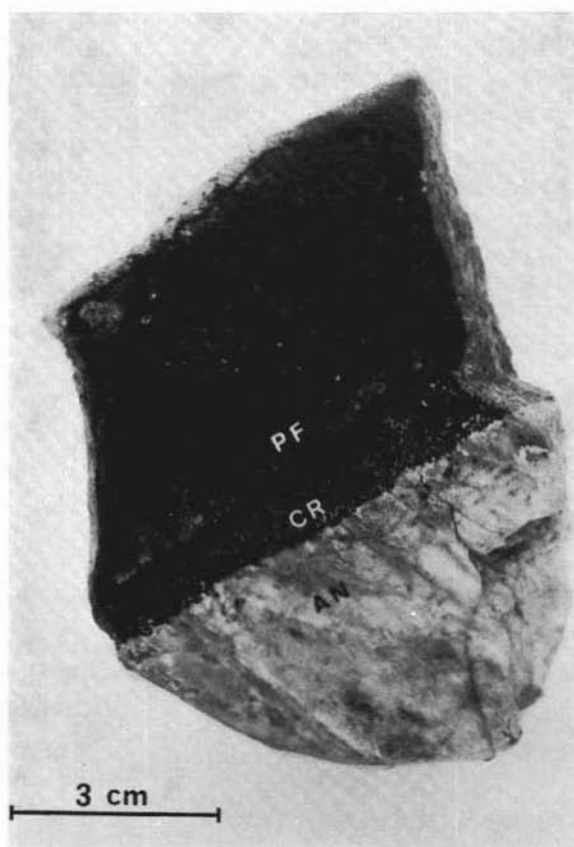


Fig. 15. — Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao. Campione di roccia lucidato. Limite tra due ritmi successivi. PF: peridotite feldspatica; CR: cromitite; AN: anortosite.

Sul versante nord della sella, presso il contatto della massa ultrafemica con il gabbro, compare un chiaro assetto stratificato, reso evidente da una alternanza di banchi più chiari e più scuri, seguibili sul terreno per alcune decine di metri (Fig. 13). La stratificazione è

data da una ripetizione continua ed abbastanza regolare di alcuni litotipi (*rhythmic mineral layering*), con forti differenze di composizione mineralogica fra strato e strato. Ogni ritmo, la cui potenza varia da qualche decimetro fino ad un metro, è generalmente formato dalla successione, dal basso in alto, di uno strato di peridotite feldspatica con letti di cromite, uno strato di gabbro, probabilmente troctoli-

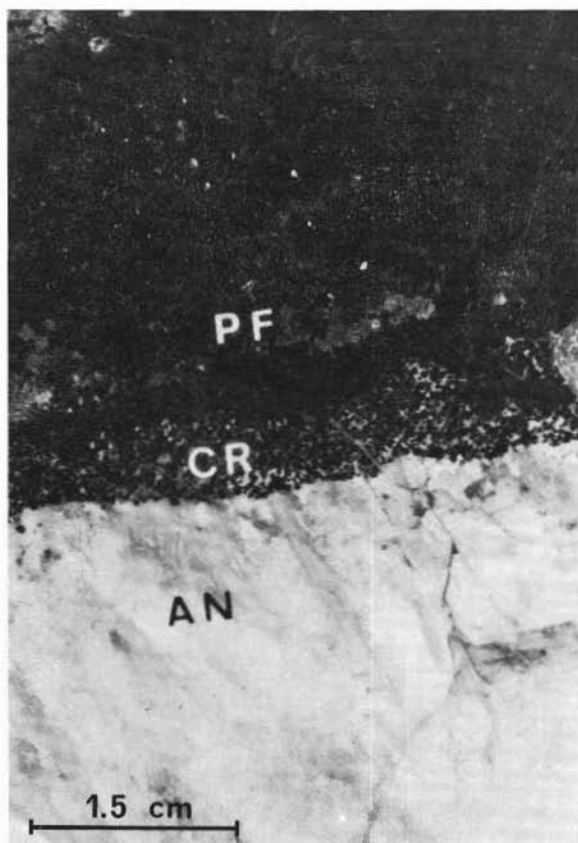


Fig. 16. — Sella tra M. Groppi e M. San Nicolao. Particolare della foto precedente: sul tetto del ritmo sottostante (anortosite) si deposita repentinamente la cromite (con intercumulo plagioclasico), conferendo al contatto fra i due ritmi la caratteristica cusp texture; al di sopra inizia, assieme alla cromite, la deposizione di olivina come minerale di cumulo; attraverso una sottile lamina di eumulite a cromite ed olivina, si passa superiormente alla peridotite feldspatica (eumulite ad olivina \pm cromite).

tico, ed uno strato di anortosite. La base del ritmo è costituita da una cumulite ad olivina (\pm cromite), con plagioclasti e pirosseni come minerali di intercumulo, in cui compaiono letti di cumulite a cromite ed olivina. Per una progressiva diminuzione dei minerali femici e relativo aumento dei sialici, si passa, tramite un gabbro troctolitico, ad una roccia esclusivamente plagioclastica (anortosite) (Fig. 14). In alcuni casi il ritmo inizia con una cumulite a cromite, con plagioclasio di intercumulo, per poi passare, mediante la comparsa improvvisa dell'olivina, come minerale di cumulo, ad una cumulite a olivina e cromite, e poi, verso l'alto, alla peridotite feldspatica (Fig. 15 e 16). La brusca deposizione, alla base del ritmo, dei granuli di cromite, che si dispongono lungo i contorni tondeggianti dei minerali depositi in precedenza, conferiscono alla base dello strato di cromite la caratteristica cusp texture (JACKSON, 1961).

4) *Vallone Argentera - Casa Pianesola (F. 95 I.G.M. - tav. Sesta Godano).*

Questa zona era stata studiata per la prima volta da STELLA (1924), interessato ad un eventuale sfruttamento delle concentrazioni di cromite, ed in seguito da GALLI (1959, 1964).

I caratteri paragenetici e strutturali di queste rocce sono molto analoghi a quelli osservati nelle ultramafiti della cava della Baracca e della sella di M. Groppi. Anche in questo affioramento è ben visibile, sulle rocce alterate dall'azione degli atmosferici, la caratteristica struttura « a cellette », mentre sulle superfici levigate dall'acqua del torrente è chiaramente riconoscibile l'assetto strutturale di questa roccia. Si osservano infatti cristalli di olivina tondeggianti, ma spesso con forma euedrale, di dimensioni che possono raggiungere alcuni centimetri, circondati da plaghe ameboidi bianco verdognole di plagioclasti e pirosseni interstiziali (Fig. 17 e 18), in cui sono molto abbondanti piccoli granuli idiomorfi di cromite. Questo spinello, come già osservato da STELLA, si addensa inoltre in piccole sacche a contorni irregolari, ove raggiunge notevoli concentrazioni, in una ganga esclusivamente olivinicca (Fig. 19 e 20).

A differenza dei precedenti affioramenti, non si notano motivi di layering ben pronunciati, ma la roccia, per la grana grossolana dell'olivina, denuncia, come già visto in alcune zone della cava della

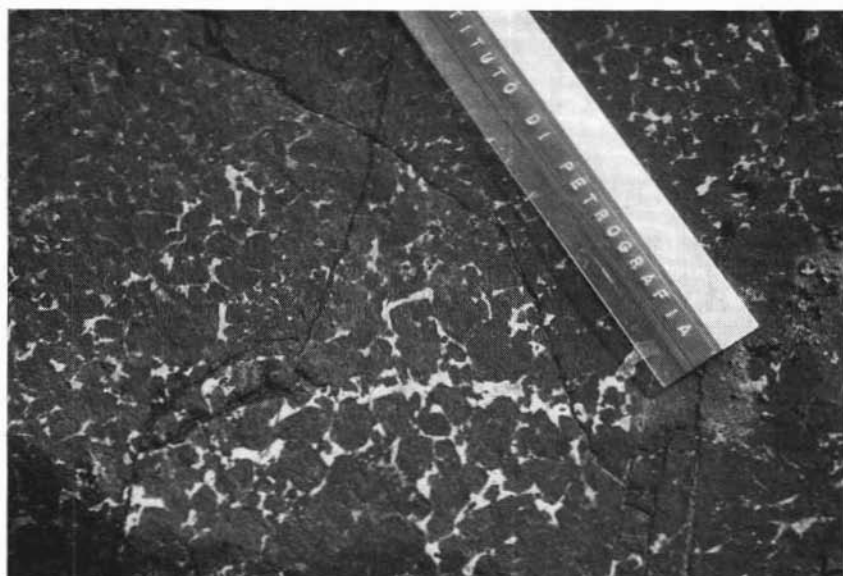


Fig. 17. — Vallone Argentera. Tipico aspetto della peridotite feldspatica: individui scuri di olivina, circondati da minerali interstiziali chiari, in cui sono riconoscibili alcuni piccoli granuli neri di cromite (sotto il righello).



Fig. 18. — Vallone Argentera. Peridotite feldspatica: particolare della foto precedente.

Baracca, un probabile generale processo di ricristallizzazione profonda, in condizioni magmatiche, in uno stadio precedente alla serpentinizzazione. Questo fatto è forse confermato dall'addensamento della cromite in sacche, ove questo minerale è stato concentrato durante la parziale rimobilizzazione e rifusione della roccia peridotitica originaria (THAYER, 1963, 1964).

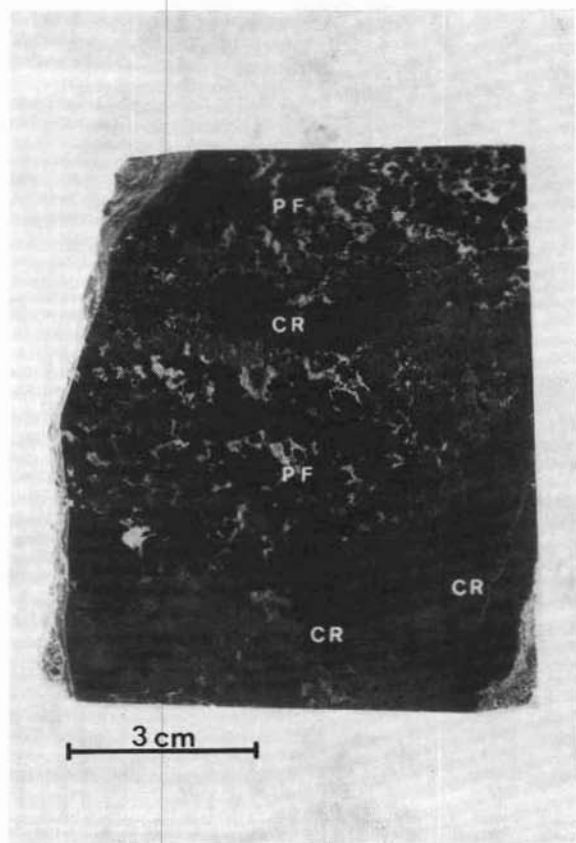


Fig. 19. — Vallone Argentera. Campione di roccia lucidato. Peridotite feldspatica a grandi individui di olivina, spesso euedrali, con abbondanti piccoli granuli di cromite nella mesostasi biancastra; le zone scure uniformi rappresentano le concentrazioni in piccole sacche della cromite. PF: peridotite feldspatica; CR: cromite nelle sacche.

5) *Canegreca* (F. 95 I.G.M. - tav. Levanto).

Lungo la Costa Porcile, che dal tracciato della Via Aurelia scende verso la frazione di Canegreca, affiorano delle piccole masse di serpentinite nel gabbro.

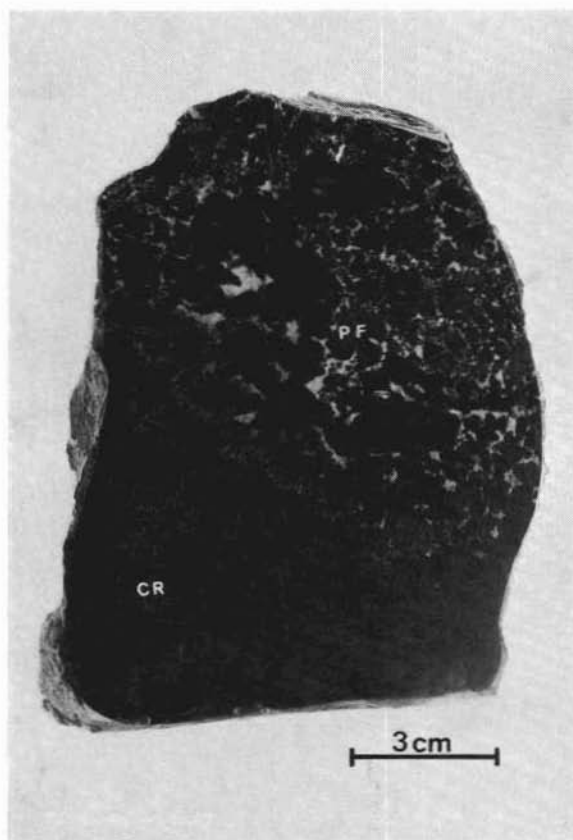


Fig. 20. — Vallone Argentera. Campione di roccia lucidato. Sacca di cromite nella peridotite feldspatica. PF: peridotite feldspatica; CR: cromite.

Anche in questa località sono ben riconoscibili strutture « a cellette », sulle superfici alterate, e strutture di layering. Nella peridotite feldspatica, i cui caratteri macroscopici sono analoghi a quelli descritti per gli affioramenti precedenti, risaltano strati dovuti ad un aumento



Fig. 21. — Canegreca. Strato a cromite e plagioclasio nella peridotite feldspatica.



Fig. 22. — Canegreca. Strati di cromite a mesostasi plagioclasica, all'interno della peridotite feldspatica.

della percentuale di plagioclasio e cromite, e strati di vere cromitite a mesostasi plagioclasica (Fig. 21 e 22). Queste cromitite iniziano, verso il basso, con l'improvvisa comparsa dello spinello ed hanno quindi, alla base, un contatto netto con la peridotite, in cui è ben evidente

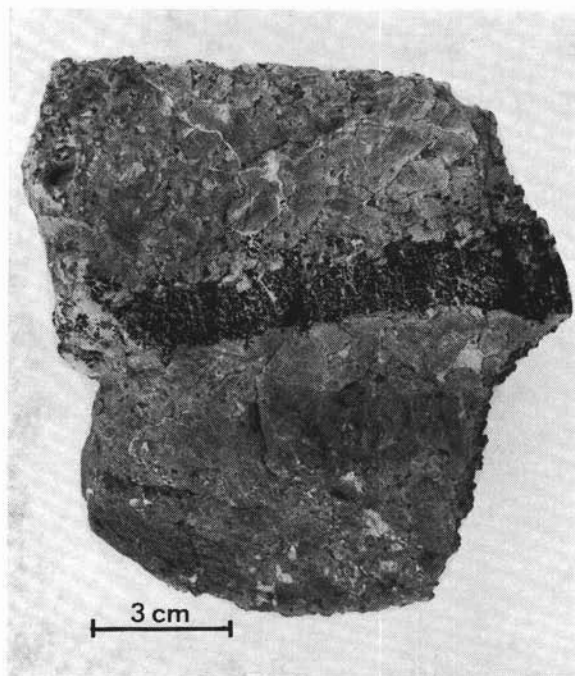


Fig. 23. — Canegreca. Campione di roccia al naturale. Il meccanismo di deposizione della cromite rende evidente la direzione della sequenza: la cromite, assente nella parte sottostante, si deposita repentinamente, e la cromitite si modella, nella parte basale, sui minerali preesistenti (cusp texture); verso l'alto la cromite diminuisce gradualmente. Nel campione è inoltre visibile la caratteristica struttura « a cellette », data dall'alterazione superficiale.

(Fig. 23) la cusp texture. Verso l'alto il passaggio è più graduale e la cromite, assente al di sotto della cromitite, è ancora presente, per un certo tratto, nella mesostasi della peridotite plagioclasica sovrastante (Fig. 23 e 24).

Queste caratteristiche permettono il riconoscimento della direzione della sequenza, e del meccanismo del crystal settling in queste cumuliti.

Gli affioramenti finora descritti appartengono al massiccio gabbro-peridotitico del Bracco, ma è stato possibile riconoscere, già dai primi rilevamenti sul terreno in altre masse ofiolitiche dell'Appennino ligure

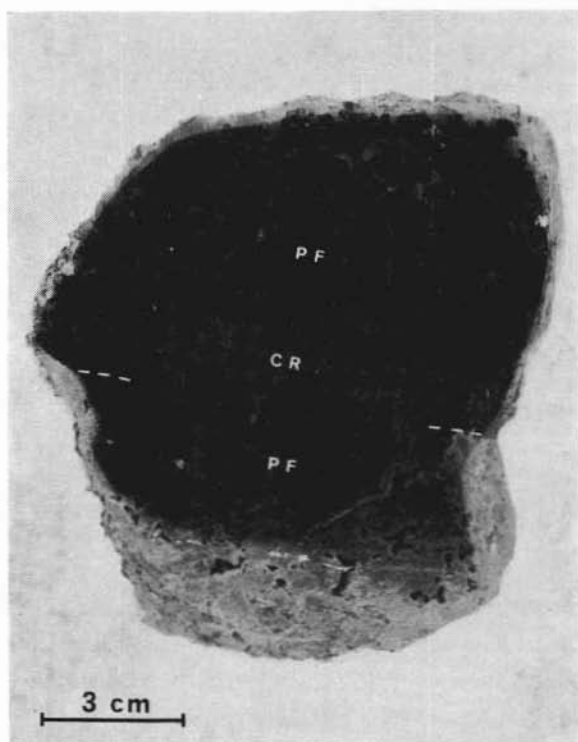


Fig. 24. — Canegreca. Lo stesso campione della foto precedente, lucidato; il tratteggio bianco indica la base dello strato di cromite. PF: peridotite feldspatica; CR: cromite.

orientale, strutture e paragenesi analoghe, nelle zone di contatto fra gabbro e peridotite.

Sopra l'abitato di Montedomenico (F. 95 I.G.M. - tav. Sestri Levante), sul versante orientale del M. Domenico, sono presenti letti di cromititi di una certa potenza, associate ad anortositi e gabbri, a

volte con evidenti strutture cumulitiche, e peridotiti feldspatiche fortemente serpentinizzate.

A Colla di Gritta (F. 95 I.G.M. - tav. Monterosso al Mare), sopra l'abitato di Monterosso al Mare, la serpentinite mostra il caratteristico aspetto chiazzato ed una analoga paragenesi metamorfica, da cui si può dedurre che la roccia originaria era una peridotite feldspatica.

Lunga la strada carrozzabile tra Brugnato e Rocchetta Vara (F. 95 I.G.M. - tav. Zignago), poco prima della cava di ftaniti di Fosso tra la Colla, sono presenti nella serpentinite facies troctolitiche con eromite in piccoli granuli nella mesostasi tra gli individui di olivina (7).

Il ritrovamento di strutture cumulitiche e di layering e di facies troctolitiche e peridotitiche a plagioclasti, nelle zone di contatto tra gabbri e peridotiti, in tutto l'areale su cui affiorano le ofioliti della Liguria orientale, dimostra come queste caratteristiche strutturali e paragenetiche siano un fenomeno diffuso ed ancora poco conosciuto.

LIGURIA OCCIDENTALE.

Le ofioliti del Gruppo di Voltri, come già detto, sono state interessate dal metamorfismo alpino, che ha in genere profondamente trasformato le formazioni originarie. In alcune zone però relitti di strutture e paragenesi profonde sono eccezionalmente ben conservati, anche se queste caratteristiche non sono necessariamente concomitanti; si possono infatti osservare strutture di layering in rocce le cui paragenesi magmatiche sono state parzialmente o completamente metamorfosate.

Essendo soltanto all'inizio della serie di studi che vogliamo intraprendere sul Gruppo di Voltri, le nostre conoscenze su questo massiccio sono limitate e non intendiamo quindi trarre nessuna conclusione affrettata: nostro attuale scopo è la segnalazione di fenomeni di layering anche nelle ultramafiti della Liguria occidentale, ritenendo che il loro studio petrografico e strutturale potrà contribuire alla conoscenza del problema delle ofioliti.

(7) Desideriamo ringraziare P. PASSERINI per averci segnalato questo affioramento.



Fig. 25. — Gabbro di Varazze. Variazioni di grana da fine a pegmatitica.



Fig. 26. — Gabbro di Varazze. Variazioni di grana da media a pegmatitica; è evidente una lineazione nel gabbro a grana media.

1) *Rio Partigliolo (F. 82 I.G.M. - tav. Arenzano).*

Nell'entroterra tra Cogoleto e Varazze affiora la più grande massa di gabbro del Gruppo di Voltri. Questa formazione sembra essere parzialmente sfuggita all'azione del metamorfismo alpino.



Fig. 27. — Rio Partigliolo. Layering nella ultramafite, reso evidente dall'alterazione selettiva.

Accanto alla paragenesi metamorfica (albite, clorite, zoisite, clinozoisite, attinoto), il clinopirosseno magmatico relitto è spesso ancora notevolmente fresco ed abbondante. Variazioni nella grana, da fine a pegmatitica, perfettamente conservate (Fig. 25), ed una certa fogliazione e lineazione (Fig. 26), di cui è ancora prematuro dire se siano

magmatiche relitte o metamorfiche, ricordano da vicino l'analogo assetto strutturale del gabbro del massiccio del Bracco.

La peridotite nelle immediate vicinanze è quasi sempre notevolmente serpentizzata, anche se in alcuni punti olivina e pirosseni freschi possono essere ancora ben rappresentati; l'ultramafite mostra su vaste aree un ben evidente assetto stratificato, messo in risalto dalla



Fig. 28. — Rio Partigliolo. Vistoso fenomeno di layering nelle ultramafiti, messo in risalto dall'azione erosiva del torrente.

alterazione selettiva sui vari litotipi (Fig. 27) e dall'azione erosiva dei torrenti (Fig. 28).

Il layering è dovuto all'alternanza di bande di serpentinite verde scura e di pirossenite grigia (Fig. 29 e 30). La serpentinite è costituita quasi esclusivamente da antigorite, con subordinati crisotilo, diopside, magnetite, relitti di pirosseni primari e rari relitti di olivina. Le bande pirosseniche sono formate da prevalente clinopirosseno primario, più o meno alterato, diopside secondario, plaghe di clorite e di più rari minerali del serpentino, e magnetite.



Fig. 29. — Rio Partigliolo. Layering nelle ultramafiti.



Fig. 30. — Rio Partigliolo. Particolare della foto precedente. Le bande scure sono di serpentinite, quelle chiare granulari sono di pirossenite.

Mentre nei letti scuri la formazione di antigorite ha completamente obliterato l'assetto strutturale delle paragenesi magmatiche, nelle bande chiare i minerali relitti e di neoformazione sembrano conservare le relazioni strutturali originarie di pirosseni, plagioclasti ed olivina della roccia primaria.

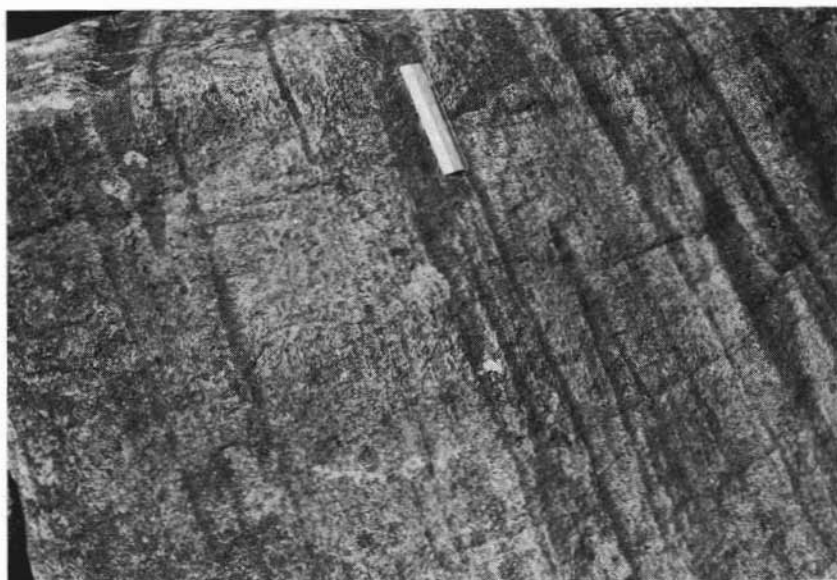


Fig. 31. — Rio Partigliolo. Pieghe di stile profondo nel layering (in alto a sinistra e a destra nella foto).

Nelle zone stratificate si possono osservare, non di rado, delle pieghe simili molto serrate (Fig. 31), le cui caratteristiche possono far pensare ad un ripiegamento in condizioni profonde della roccia primaria (NICOLAS, 1969 c).

* * *

A conclusione del lavoro vogliamo sottolineare il carattere preliminare di questa nota. Scopo principale è stata la segnalazione del ritrovamento e riconoscimento di caratteristiche strutturali, tessiturali

e paragenetiche nelle associazioni gabbro-peridotitiche delle ofioliti liguri. Riteniamo infatti che la loro interpretazione potrà rivelarsi importante per la comprensione del meccanismo genetico, e quindi pensiamo sia utile la loro conoscenza. In queste segnalazioni tuttavia le descrizioni fatte prescindono da ogni interpretazione, prematura allo stato attuale delle nostre conoscenze.

Ci proponiamo a questo scopo una serie di ricerche indirizzate al riconoscimento delle caratteristiche strutturali, tessiturali e paragenetiche, primarie e metamorfiche, dei complessi ofiolitici liguri, attraverso un dettagliato studio geo-petrografico e strutturale, volto alla comprensione del problema genetico e della messa in posto di queste rocce.

Ringraziamo il Prof. M. GALLI per averci costantemente seguito e consigliato durante lo svolgimento di questo lavoro.

Per lo scambio di idee e per le discussioni avute sugli affioramenti, desideriamo inoltre ringraziare A. NICOLAS e T. P. THAYER, la cui esperienza è stata preziosa per l'impostazione delle nostre ricerche.

Istituto di Petrografia dell'Università di Genova, settembre 1969.

BIBLIOGRAFIA

- BENSON W. N. (1926) - *The tectonic conditions accompanying the intrusion of basic and ultrabasic igneous rocks*. Nat. Acad. Sc. Mem., vol. 19.
- BONI A. (1961) - *Per la geologia dell'Appennino settentrionale ad Ovest della linea La Spezia-Piacenza*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. XII.
- CONTI S. (1955) - *Studi geologici sulle Alpi Occidentali (3° contributo): La formazione dei calcescisti nei suoi rapporti stratigrafici e tettonici con i complessi basali e marginali delle Alpi Liguri, Marittime e Cozie*. Boll. Serv. Geol. It., vol. LXXVII.
- CONTI S. (1963) - *Nuove osservazioni per la preparazione della carta geologica della Liguria*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. II.
- CONTI S. (1964) - *Rassegna casistica delle ofioliti italiane. I. - Petrogenesi e classificazione delle serpentiniti*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. II.
- CONTI S. (1965) - *Rassegna casistica delle ofioliti italiane. II. - Petrogenesi e classificazione delle prasiniti e delle anfiboiti associate alla formazione alpina dei calcescisti*. Atti Ist. Geol. Univ. Genova, vol. III.
- CRETZAZ P. (1955) - *Geologische Untersuchungen an der Alpen-Appenninergrenze in Ligurien (Italien)*. I. Bulet, Zürich.
- DAVIES H. L. (1968) - *Papuan ultramafic belt*. XXIII Int. Geol. Congr. Rept., Praga 1968, sec. 1.

- DECANDIA F. A. e ELTER P. (1969) - *Riflessioni sul problema delle ofioliti nell'Appennino settentrionale (Nota preliminare)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., serie A, vol. LXXVI.
- DIETZ R. S. (1963) - *Alpine serpentines as oceanic rind fragments*. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 74.
- ELTER P. (1960) - *I lineamenti tettonici dell'Appennino a nord-ovest delle Apuane*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXIX.
- ELTER P. e RAGGI G. (1965 a) - *Contributo alla conoscenza dell'Appennino ligure: 1) Osservazioni preliminari sulla posizione delle ofioliti nella zona di Zignago (La Spezia). 2) Considerazioni sul problema degli olistostromi*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXXIV.
- ELTER P. e RAGGI G. (1965 b) - *Contributo alla conoscenza dell'Appennino ligure: 3) Tentativo di interpretazione delle breccie ofiolitiche cretacee in relazione con movimenti orogenetici nell'Appennino ligure*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXXIV.
- ELTER P., GIANNINI E., TONGIORGI M. e TREVISAN L. (1960) - *Le varie unità tettoniche della Toscana e della Liguria orientale*. Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. Fis. Mat. e Nat., serie VIII, vol. XXIX.
- FAUST G. T. e FAHEY J. J. (1962) - *The serpentine-group minerals*. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 384-A.
- FLINT D. E., DE ALBEAR J. F. e GUILD P. W. (1948) - *Geology and chromite deposits of Camagüey district, Camagüey Province, Cuba*. U. S. Geol. Surv. Bull., 954-B.
- GALLI M. (1954) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota I. I diabasi di Sestri Ponente*. Per. Min., vol. XXIII.
- GALLI M. (1956) - *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche dell'Appennino Ligure. Nota II. I diabasi della Riviera di Levante*. Per. Min., vol. XXV.
- GALLI M. (1957) - *Il Rosso di Levante*. Rend. S.M.I., vol. XIII.
- GALLI M. (1958) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota III. I gabbri*. Per. Min., vol. XXVII.
- GALLI M. (1959) - *Sulla presunta « Norite di Mattarana »*. Doriana, Suppl. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. II.
- GALLI M. (1963 a) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota IV. I diabasi in cuscini della Riviera di Ponente*. Per. Min., vol. XXXII.
- GALLI M. (1963 b) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota V. Le rocce peridotitico-serpentinose*. Per. Min., vol. XXXII.
- GALLI M. (1963 c) - *Su una microbreccia serpentinoso di Monte Rocchetta (Appennino Chiavarese)*. Rend. S.M.I., vol. XIX.
- GALLI M. (1964 a) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota VI. Le ofisferiti della Riviera di Levante*. Per. Min., vol. XXXIII.
- GALLI M. (1964 b) - *Le ofioliti dell'Appennino Ligure*. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. LXXIV.
- GALLI M. e BEZZI A. (1967) - *Su un filonc di diabase porfirico di Erselli (Sestri Ponente)*. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. LXXVI.

- GALLI M. e BEZZI A. (1969) - *Studi petrografici sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Nota XI. Le rodingiti di Bargonasco e di Bargone*. Rend. S.I.M.P., vol. XXV.
- GALLI M. e TOGLIATTI V. (1965) - *Ricerche petrografiche sulla formazione ofiolitica dell'Appennino Ligure. Il Rosso di Levante - Nuovo contributo*. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. LXXV.
- GALLI M., BEZZI A. e TOGLIATTI V. (1965) - *Sui pillows diabasici con inclusi calcarei di Erselli (Riviera di Ponente)*. Doriana, Suppl. Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova, vol. IV.
- GASS I. G. (1967) - *The ultrabasic volcanic assemblage of the Troodos massif, Cyprus*. In P. J. WYLLIE (Ed.), *Ultramafic and related rocks*. J. Wiley and Sons, New York, 1967.
- GASS I. G. (1968) - *Is the Troodos massif of Cyprus a fragment of Mesozoic ocean floor?* Nature, vol. 220.
- GIRDLER R. W. (1965) - *The formation of new oceanic crust*. In *A symposium on continental drift*. Phil. Trans. Royal Soc. London, series A, vol. 225.
- HESS H. H. (1962) - *History of ocean basins*. In *Petrologic studies (Buddington volume)*. Geol. Soc. Am.
- HESS H. H. (1964) - *The oceanic crust, the upper mantle and the Mayaguez serpentinized peridotite*. In C. A. BURK (Ed.), *A Study of serpentinite*. Natl. Acad. Sc.; Nat. Research Council Pub. 1188.
- ISACKS B., OLIVER J. e SYKES L. R. (1968) - *Seismology and the new global tectonics*. Jour. Geophys. Research, vol. 73.
- ISSEL A. e MAZZUOLI L. (1881) - *Relazione degli studi fatti per un rilievo delle masse ofiolitiche nella Riviera di Levante, Liguria*. Boll. R. Com. Geol. It., vol. XII.
- JACKSON E. D. (1961) - *Primary Textures and Mineral Associations in the Ultramafic Zone of the Stillwater Complex, Montana*. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 358.
- JACKSON E. D. (1967) - *Ultramafic Cumulates in the Stillwater, Great Dyke, and Bushveld Intrusions*. In P. J. WYLLIE (Ed.), *Ultramafic and related rocks*. J. Wiley and Sons, New York, 1967.
- KAADEN VAN DER G. (1964) - *The different concepts of the genesis of alpine-type emplaced ultrabasic rocks and their implications on chromite prospecting*. Rend. Sem. OECD «Methods of Prospecting for Chromite», Parigi XVI.
- LABESSE B. (1962) - *Sur les Ophiolites et les brèches associées dans l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. Géol. Fr., 7^e série, vol. IV.
- LINCIO G. (1930) - *Notizie petrografiche sulla Norite di Mattarana a Nord di Levante (Riviera di Levante)*. Atti Soc. Ligust. Sc. Lett., vol. 9.
- LOCHER T. (1957) - *Zur Geologie der Gruppe von Voltri (Ligurien - Italien)*. Inaugural-Diss. Geol. Inst. E.T.H. Univ. Zürich.
- NICOLAS A. (1966 a) - *Etude pétrochimique des Roches vertes et de leurs minéraux entre Dora Maira et Grand Paradis (Alpes piémontaises)*. Tome I. Publ. Fac. Sc. Nantes.
- NICOLAS A. (1966 b) - *Le complexe Ophiolites - Schistes lustrés entre Dora Maira et Grand Paradis (Alpes piémontaises). Tectonique et métamorphisme*. Tome II. Publ. Fac. Sc. Nantes.

- NICOLAS A. (1967) - *Géologie des Alpes piémontaises entre Dora Maira et Grand Paradis*. Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Grenoble, vol. 43.
- NICOLAS A. (1968) - *Relations structurales entre le massif ultrabasique de Lanzo, ses satellites et la zone de Sesia Lanzo*. Bull. Suisse Min. Pétr., vol. 48.
- NICOLAS A. (1969 a) - *Serpentinisation d'une lherzolite: bilan chimique, implication tectonique*. Bull. Vole., vol. XXXII.
- NICOLAS A. (1969 b) - *Tectonique et métamorphisme dans les Stura di Lanzo (Alpes Piémontaises)*. Bull. Suisse Min. Pétr., vol. 49.
- NICOLAS A. (1969 c) - *Une vue unitaire concernant l'origine des massifs ultrabasiques des Alpes Occidentales internes*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 269, série D.
- PASQUARÈ G. (1958) - *Contributo allo studio geologico del settore centro settentrionale di Voltri*. Boll. Serv. Geol. It., vol. LXXX.
- PASSERINI P. (1962) - *Giacitura delle ofioliti tra il M. Aiona e Rovegno (Appennino ligure)*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXXI.
- PASSERINI P. (1964) - *Examination of the ophiolites, flysch and polygenic breccias east of Fontanigorda*. Guidebook Italy 1964 by Int. Field Inst., Washington.
- PASSERINI P. (1965) - *Rapporti fra le ofioliti e le formazioni sedimentarie fra Piacenza e il Mare Tirreno*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXXIV.
- PELLIZZER R. (1961) - *Le ofioliti nell'Appennino Emiliano*. Atti Acc. Sc. Ist. Bologna, Cl. Sc. Fis., Mem. serie I, vol. 8.
- PENCO A. M. (1963) - *Ricerche su serpentine banchiformi nel « Gruppo di Voltri »*. Per. Min., vol. XXXII.
- SMITH C. H. (1958) - *Bay of Islands igneous complex, western Newfoundland*. Canada Geol. Surv. Mem., vol. 290.
- STEINMANN G. (1927) - *Die ophiolitischen Zonen in den Mediterranen Kettengebirgen*. Rend. XIV Congr. Int. Geol., Madrid 1927, fase. 2.
- STELLA A. (1924) - *Sopra un giacimento di Cromite nel Vallone Argentiera presso Ziona (Alta Valle Vara)*. Boll. Soc. Geol. It., vol. XLIII.
- THAYER T. P. (1942) - *Chrome resources of Cuba*. U.S. Geol. Surv. Bull., 935-A.
- THAYER T. P. (1960) - *Some critical differences between alpine-type and stratiform peridotite-gabbro complexes*. XXI Int. Geol. Congr. Rept., Copenhagen 1960, vol. XIII.
- THAYER T. P. (1963) - *Flow-layering in alpine peridotite-gabbro complexes*. Min. Soc. Am., Spec. Paper 1.
- THAYER T. P. (1964) - *Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridağ district, Turkey*. Econ. Geol., vol. 59.
- THAYER T. P. (1967) - *Chemical and structural relations of ultramafic and feldspathic rocks in alpine intrusive complexes*. In P. J. WYLLIE (Ed.), *Ultramafic and related rocks*. J. Wiley and Sons, New York, 1967.
- THAYER T. P. (1969) - *Peridotite-Gabbro Complexes as Keys to Petrology of Mid-Oceanic Ridges*. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 80.
- TREVISAN L. (1956) - *Aspetti e problemi del complesso delle « Argille scagliose ofiolitifere » nei suoi affioramenti occidentali (Toscana marittima e Liguria)*. Boll. Soc. Geol. It., vol. LXXV.

- VUAGNAT M. (1963) - *Remarques sur la trilogie serpentinites-gabbros-diabases dans le bassin de la Méditerranée occidentale*. Geol. Rdsch., vol. 53.
- VUAGNAT M. (1968) - *Quelques réflexions sur le complexe basique-ultrabasique de la zone d'Ivrée et les ultramafites alpinotypes*. Bull. Suisse Min. Pétr., vol. 48.
- WADSWORTH W. J. (1961) - *The layered ultrabasic rocks of south-west Rhum, Inner Hebrides*. Phil. Trans. Royal Soc. London, series B, vol. 244.
- WAGER L. R. (1968) - *Rhythmic and Cryptic Layering in Mafic and Ultramafic Plutons*. In H. H. HESS e A. POLDERVAART (Ed.), *Basalts: The Poldervaart Treatise on Rocks of Basaltic Composition*. J. Wiley and Sons, New York, 1968.
- WAGER L. R. e BROWN G. M. (1968) - *Layered Igneous Rocks*. Oliver e Boyd, Edinburgh.
- WAGER L. R., BROWN G. M. e WADSWORTH W. J. (1960) - *Types of Igneous Cumulates*. Jour. Petr., vol. 1.