

VITTORIO SCRIBANO *, RENATO CRISTOFOLINI *

CRISTALLIZZAZIONE DI UNA MASSA MAGMATICA CRUSTALE, IN BASE ALL'ESAME DI STRUTTURE CUMULITICHE IN ROCCE FEMICHE DEI M.TI MONZONI **

RIASSUNTO. — Nel Complesso intrusivo triassico dei M.ti Monzoni è nota una massa costituita prevalentemente di dioriti, gabbri, gabbri mafitici e piroxeniti, interpretabile come un'« unità d'intrusione », poi dislocata dalla tettonica e smembrata da successive intrusioni. Al di là dei problemi connessi con la sua interpretazione nel contesto geologico-strutturale regionale e con i rapporti tra questa e le altre unità del Complesso, rilevabili dagli aspetti petrografici e petrochimici, già ampiamente trattati (cfr. p.e. DEL MONTE et al., 1967), questa massa presenta delle strutture il cui esame si è rivelato utile per chiarire l'andamento dei fenomeni che si possono svolgere in un serbatoio magmatico a debole profondità.

Alcune delle strutture (a scala da micro- a megascopica) osservate nella massa studiata sono riferibili a fenomeni di accumulo gravitativo di cristalli separatisi da un magma gabbroico l.s.: sono state riconosciute « adcumuliti », « ortocumuliti » e meno frequenti, probabili « crescumuliti », in successioni di ammassi stratiformi, la cui origine è da collegare con variazioni della velocità di accumulo dei cristalli nel fuso.

Tra le altre strutture osservate si evidenzia il « layering » a scala centimetrica, dovuto probabilmente all'azione di cicli convettivi nel fuso magmatico.

Tutte le strutture originarie, sopra accennate, sono talora intensamente scompagnate a causa di fenomeni, immediatamente successivi alle fasi principali di consolidazione, quando la massa ancora si comportava plasticamente, da ricondurre sia ad un'intensa tettonica distensiva regionale (CASTELLARIN et al., 1977), sia a movimenti di porzioni magmatiche fuse, connessi con l'esplicarsi di una probabile attività effusiva, testimoniata da estesi affioramenti di vulcaniti triassiche nelle aree limitrofe.

ABSTRACT. — A magmatic body, mainly composed of diorites, gabbros, mafic gabbros, and pyroxenites, is known in the triassic intrusive Complex of the Monzoni Mts., Dolomites, NE Italy. This is elongated along an E-W direction, outcropping over an area of about (1.8×0.4) km², and can be interpreted as an « intrusion unit », strongly disturbed by tectonics and later intrusive episodes.

Apart from the problems related with its interpretation in the regional geologic framework and with the petrographic and chemical aspects of its relationship with the other units, this intrusive body shows textural features useful for interpreting the processes at shallow depth in a basic magma reservoir belonging to a volcanic system.

Some of the textures can be referred to a variable rate of the gravitational settling of crystals growing from a magma of gabbro l.s. composition: adcumulites, orthocumulites and rarer crescumulites have been recognized in sequences of lens-shaped masses, some tens of metres thick. Also cm-rythmically layered parts of the examined unit have been observed, that are due to convective cycles in the cooling magma.

The original textures are generally strongly disturbed, owing to phenomena occurred when the mass still behaved plastically, immediately after the main phases of consolidation.

* Istituto di Scienze della Terra, Palazzo delle Scienze, Corso Italia 55, 95129 Catania.

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

These phenomena are to be related either with an intense tensional tectonic activity (CASTEL-LARIN et al., 1977) or with movements of still molten masses, depending on a probable volcanic activity, shown by large outcrops of triassic comagmatic volcanics not far from the intrusive complex.

Premessa

Nel Complesso intrusivo dei M.ti Monzoni sono riconoscibili diverse « unità d'intrusione », iniettate lungo sistemi di fratture e dislocazioni regionali e consolidate a debole profondità, che hanno probabilmente alimentato in parte il vulcanismo comagmatico i cui prodotti si rinvergono nelle zone immediatamente circostanti. In una di queste unità, che appare come la più antica, si sono riconosciute delle strutture cumulitiche variamente disturbate e scompagnate, che sono di notevole interesse per l'interpretazione dei fenomeni che si verificano in una massa di magma basico, che si può considerare come facente parte di un sistema vulcanico, come serbatoio poco profondo. In tale situazione complessa il regolare decorso della cristallizzazione può essere profondamente turbato dall'instaurarsi ad intermittenza di fenomeni vulcanici, che comportano fra l'altro movimenti di masse magmatiche e variazioni sensibili nella pressione di vapore nel sistema.

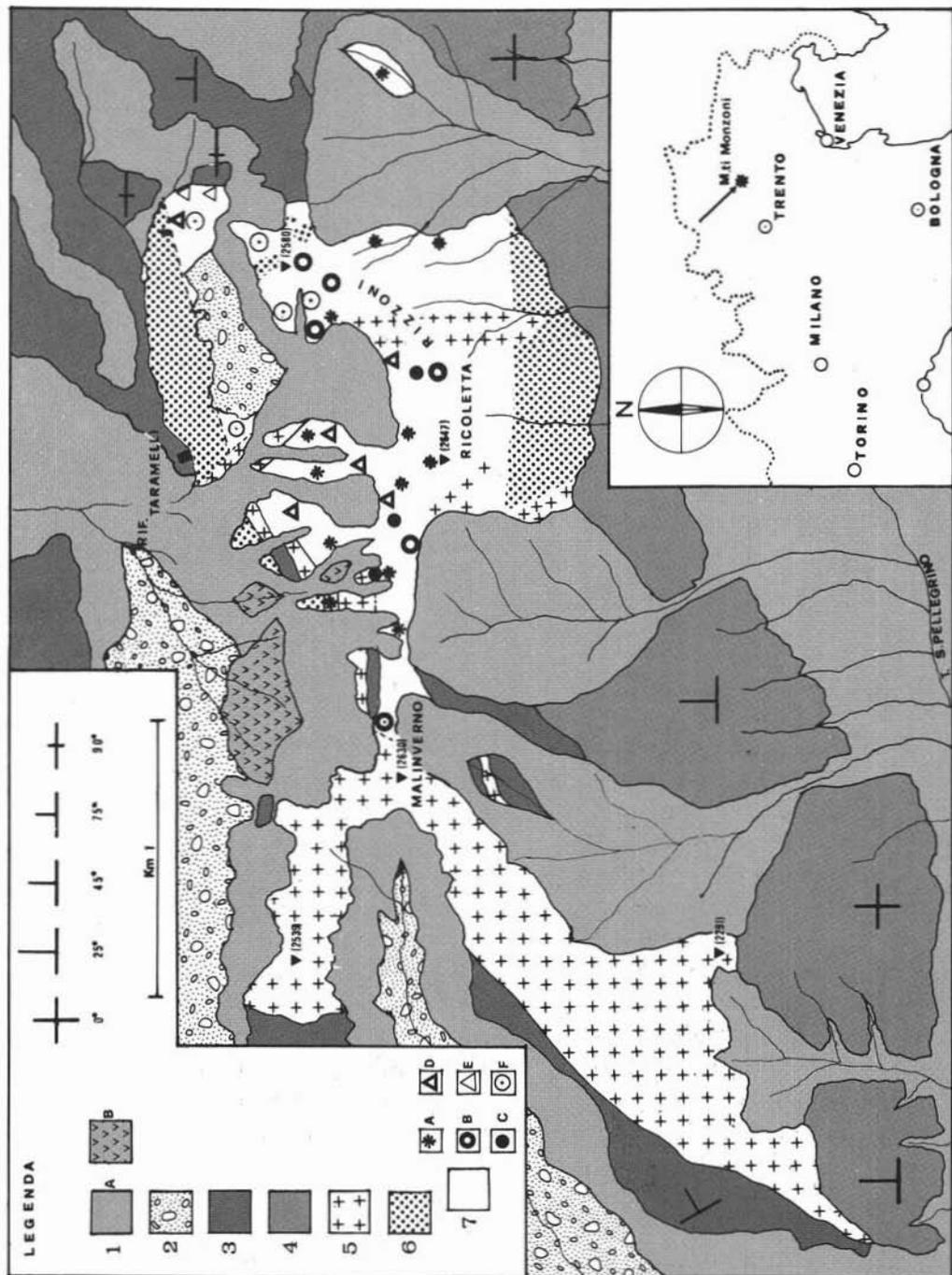
In quest'ottica si sono effettuate le osservazioni sulle strutture riconosciute, allo scopo di delineare la sequenza dei fenomeni che hanno portato alla consolidazione dell'unità considerata.

Cenni geologici introduttivi

I M.ti Monzoni formano una catena con andamento pressapoco E-W, che costituisce parte del fianco settentrionale della Valle di S. Pellegrino (Alpi Meridionali), e si estende per circa 2,5 km tra il Gruppo della Vallaccia ad Ovest e la Catena di Costabella ad Est. Le cime più elevate sono la Ricoletta (2647 m s.l.m.) ed il Malinverno (2630 m s.l.m.), con un dislivello medio tra la linea di cresta ed il fondovalle che si aggira sugli 800 metri.

I versanti settentrionali della catena sono molto acclivi ed estremamente interessati da fenomeni erosivi prevalentemente crioclastici; i materiali staccatisi dalle pareti appaiono disposti al piede delle stesse, sia come falde di detrito, sia come accumuli di frana di varie dimensioni. I versanti meridionali, per lo più meno acclivi dei precedenti, sono in parte ricoperti da una fitta vegetazione prativa su ma-

Fig. 1. — Schizzo geologico del Complesso Intrusivo dei M.ti Monzoni (parzialmente tratto da DEL MONTE et al., 1967). Per semplicità sono state omesse le linee di faglia e i filoni. — *Spiegazione della legenda*: 1a - detrito di falda e depositi torrentizi attuali e recenti, 1b - accumuli di frana; 2 - depositi morenici; 3 - rocce incassanti di età triassica; 4 - rocce incassanti del Permiano *Rocce intrusive (Trias medio)*: 5 - Monzoniti e Monzodioriti; 6 - Monzogabbri e Gabbri a tessitura massiccia; 7 - Dioriti, Gabbri e Ultrafemiti a tessitura cumulitica (7a - adcumuliti, 7b - ortocumuliti, 7c - crescumuliti, 7d - zone a cm-layering, 7e - zone in cui le strutture preesistenti, in particolare il layering, appaiono scompagnate per fenomeni primari). - Per ulteriori spiegazioni cfr. il testo.



teriali sciolti e sono solcati da strette e profonde incisioni con andamento prevalente N-S.

I M.ti Monzoni sono in gran parte costituiti da rocce intrusive da basiche ad intermedie di età medio-triassica, come risulta da alcune datazioni assolute e da altri dati geologici, petrografici e petrochimici che attestano il carattere comagmatico delle rocce intrusive e delle vulcaniti ladino-carniche della regione (LEONARDI et al., 1967; DEL MONTE et al., 1967; BORSI e FERRARA, 1967; GALLITELLI e SIMBOLI, 1970).

Il livello d'intrusione del complesso doveva pertanto essere prossimo alla superficie topografica medio-triassica, poichè esso si trova intruso anche fra i calcari e calcari dolomitici del ladinico superiore. I prodotti magmatici costituiscono un sistema di intrusioni multiple, già esaminate nei loro aspetti petrografici e petrochimici (DEL MONTE et al., 1967), probabilmente guidate da faglie, in accordo con dati geologici attestanti dislocazioni con direzione N-S, NE-SW, E-W, riferibili al Trias medio in zone non molto distanti da quella in esame (CASTELLARIN et al., 1977).

I prodotti qui esaminati, che appartengono all'episodio intrusivo più antico, di seguito definito come Unità d'intrusione della Ricoletta, sono prevalentemente basici ed affiorano nella zona centrale ed orientale della catena e sono dati da rocce a struttura cumulitica in successioni piuttosto irregolari di livelli caratterizzati da un diverso rapporto quantitativo tra feldspati e minerali femici.

La geometria dell'Unità considerata è difficilmente precisabile anche a causa delle deformazioni prodotte dalle intrusioni successive e dalla tettonica: si tratta nelle grandi linee di un corpo la cui sezione orizzontale al livello d'affioramento appare allungata in senso E-W ed estesa per circa 1,8 km in lunghezza e 0,4 km in larghezza; in altezza la massa si sviluppa in affioramento per circa 800 m.

I materiali dell'Unità d'intrusione della Ricoletta sono stati intersecati ed a luoghi dislocati da successive intrusioni, alcune delle quali sono monzogabbriche ed altre monzodioritiche e monzonitiche. Esse si sono iniettate secondo fratture subverticali con direzione E-W, N-S e NE-SW, determinando anche la formazione di corpi minori concordanti o semiconcordanti lungo superfici di discontinuità nelle rocce incassanti, sia magmatiche basiche, sia sedimentarie, come si osserva alle Pale Rabbiose e lungo il versante meridionale della Cima Malinverno.

Il Complesso intrusivo dei M.ti Monzoni è incassato in terreni sedimentari ed eruttivi della nota serie Permo-triassica delle Dolomiti Orientali. Questa mostra al di sopra di uno zoccolo cristallino epimetamorfico (non affiorante nei pressi dei Monzoni) delle vulcaniti prevalentemente acide del Permiano (« Piastrone Porfirico Atesino »), cui succedono arenarie continentali (« Arenarie di Val Gardena »), ed infine, al tetto del Permiano, calcari marnosi ed evaporiti di ambiente marino a circolazione ristretta (« Formazione a Bellerophon »). Il Trias è rappresentato nei livelli basali dalle successioni marnoso-siltose dello Scitico (« Formazione di Werfen ») e dell'Anisico inferiore, troncate da una superficie d'erosione marcata localmente da lenti conglomeratiche (« Conglomerato di Richthofen ») e/o da livelli siltosi e arenacei. Si hanno quindi i calcari a diplopore e le dolomie dell'Anisico

medio-superiore, su cui giacciono estesi e potenti lembi dei depositi di piattaforma carbonatica del Ladinico, cui si associano in eteropia le sequenze torbiditiche ed i calcari pelagici della « Formazione di Livinallongo » (BOSELLINI e ROSSI, 1974). I termini ladinici della serie costituiscono, come si è già accennato, i materiali incassanti più recenti del Complesso intrusivo.

Nelle zone circostanti la serie stratigrafica prosegue con livelli effusivi (lave e vulcanoclastiti) che, assieme alle connesse iniezioni filoniane ed intrusioni (tra cui quella qui considerata), costituiscono il « Distretto Eruttivo Ladino-Carnico delle Dolomiti ».

Per quanto riguarda la giacitura, le rocce incassanti nella parte orientale dei M.ti Monzoni immergono fortemente verso Nord secondo un motivo strutturale monoclinale, mentre nelle parti centrale ed occidentale l'assetto è prevalentemente sub-orizzontale. Tutta la serie è interessata da numerose dislocazioni per faglia a rigetto variabile, secondo le direzioni proprie del campo di deformazioni alpine (N-S, E-W, NE-SW, NW-SE).

Le cumuliti dell'unità intrusiva della Ricoletta

Nelle linee generali i caratteri petrografici ed il chimismo dei prodotti intrusivi dei M.ti Monzoni sono già stati esaurientemente trattati (DEL MONTE et al., 1967); vengono pertanto esposti qui solo i caratteri particolari che consentono un'interpretazione dei rapporti tra i diversi tipi litologici nella massa studiata e di tratteggiarne uno schema dell'andamento della cristallizzazione.

Strutture adcumulitiche ed ortocumulitiche

Rocce con strutture cumulitiche di questo tipo affiorano ad oriente di Cima Malinverno (fig. 1) e sono inquadrabili nella casistica proposta da WAGER et al. (1960), i quali suggeriscono che i granuli cristallini, a partire dal momento della loro nucleazione in prossimità delle parti sommitali della camera magmatica, si accumulino per gravità al fondo temporaneo della stessa, sotto l'eventuale influenza anche di correnti convettive.

Le *adcumuliti* riconosciute sono rocce a composizione ultrafemica, costituite da un mosaico panallotriomorfo di cristallocumuli pirossenici, e da più radi cristallocumuli di olivina e magnetite, con modestissime quantità di biotite e plagioclasio labradoritico-bytownitico interstiziali, che rappresentano la composizione del fuso intercumulitico residuale. Si può ritenere che i cristallocumuli pirossenici, dopo essersi depositi quali individui di dimensioni minori rispetto alle attuali, si sarebbero ulteriormente accresciuti « in situ » mediante complessi fenomeni di diffusione con la porzione fusa interstiziale e con i livelli fusi prossimi alla compagine dei cristallocumuli. WAGER (1963) sottolinea che il calore latente di cristallizzazione sviluppatosi durante questi processi di accrescimento post-deposizionale dei cristallocumuli, potrebbe essere trasferito a porzioni sottoraffreddate di magma, che lambirebbero periodicamente l'insieme dei cristallocumuli secondo cicli convettivi minori,

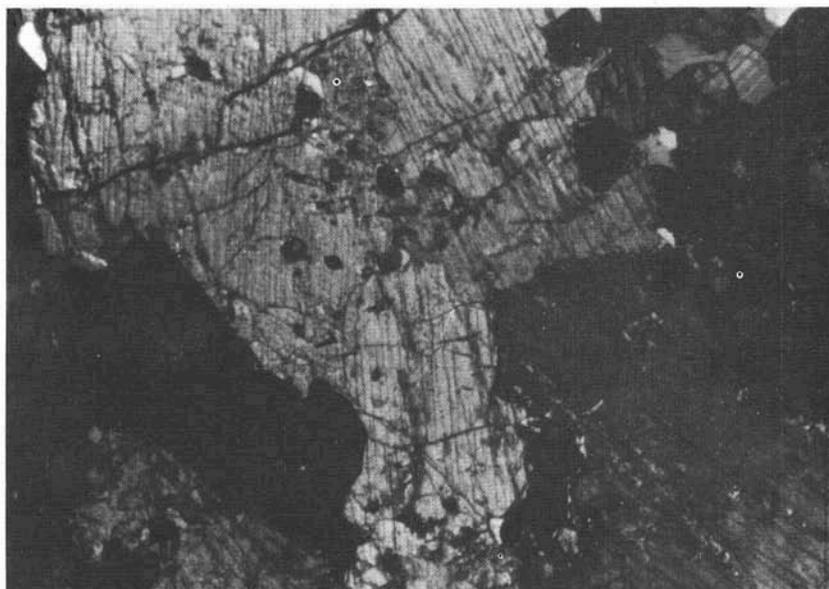


Fig. 2. — Adcumulite a clinopirosseno (olivina, minerali opachi) con plagioclasio e biotite intercumulitici. Nella foto si riconoscono cristallocumuli augitici, granuli di minerali opachi e scarso plagioclasio interstiziale (in alto a destra). Nicols incr., 10 x.

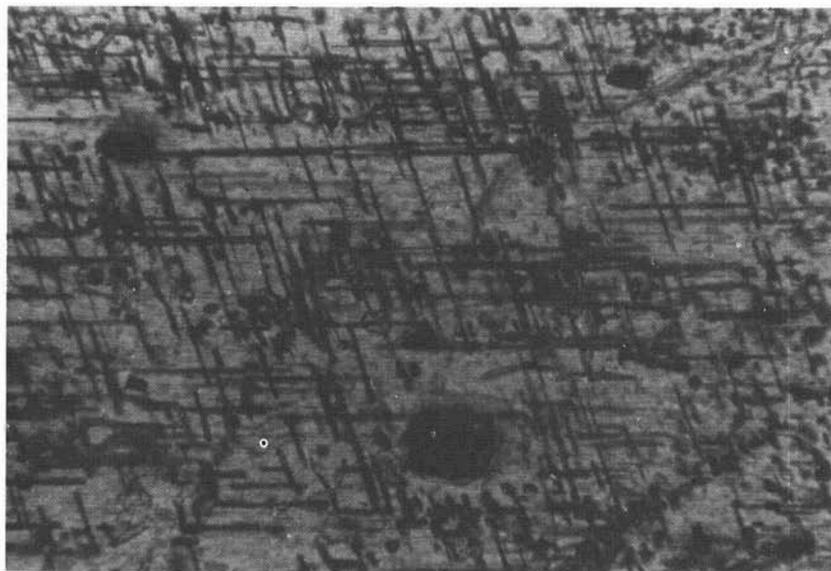
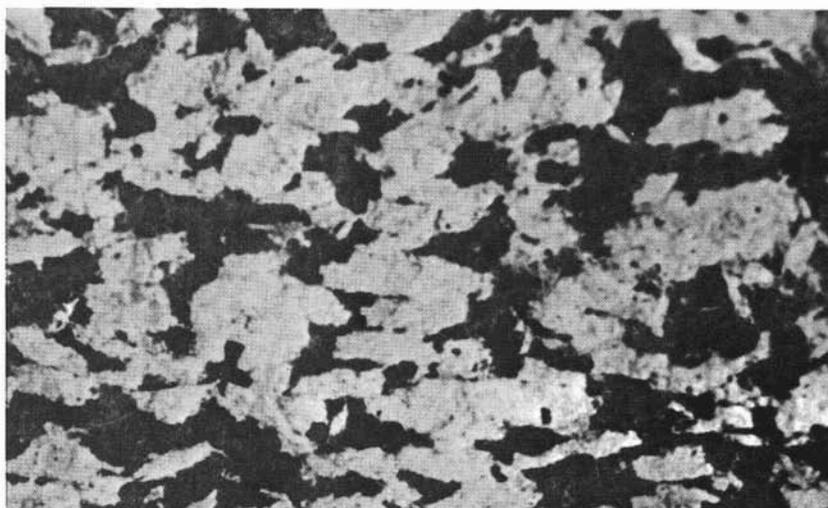


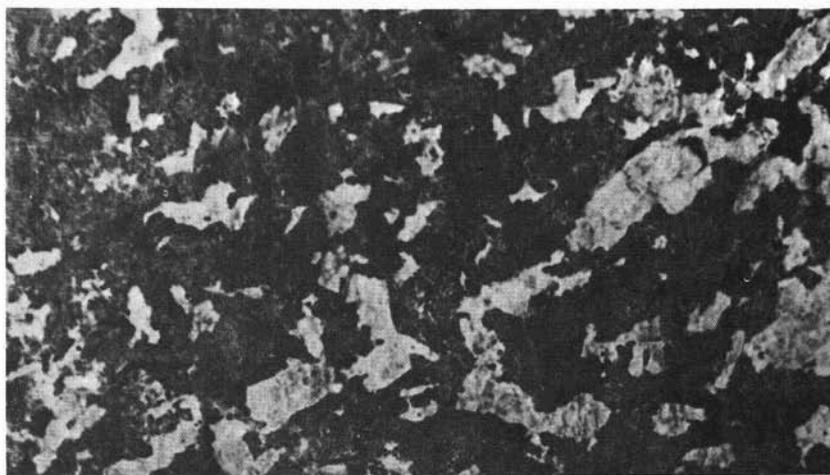
Fig. 3. — Lacinie opache nei cristallocumuli clinopirossenici interpretate come fasi smistate. Nicols par., 40 x.

con meccanismi non dissimili da quelli riscontrati sperimentalmente da BEDARIDA (1979).

Il pirosseno di queste rocce è un'augite, in sezione sottile debolmente colorata



a)



b)

Fig. 4 (a, b). — Probabile Crescumulite a plagioclasio, orneblenda e biotite; si distinguono i plagioclasii (chiarissimi) dai femici (scuri). - Le due figure rappresentano due porzioni di uno stesso affioramento a distanza di alcune decine di centimetri l'una dall'altra in cui è evidente il diverso rapporto quantitativo plagioclasii/femici. - In fig. 4 a i plagioclasii appaiono fortemente isoriorientati.

su toni brucicci e priva di apprezzabile pleocroismo; essa ha $2V_{\gamma} \cong 60^{\circ}$ e $\alpha^{\wedge}\gamma \cong 45^{\circ}$ e costituisce circa il 60 % in volume dell'intera compagine della roccia. Il pirosseno presenta talora inclusioni di magnetite e più raramente di olivina in piccoli granuli rotondeggianti; spesso appare intorbidato da un fitto e regolare intreccio di minuscole lacinie opache, disposte preferenzialmente al nucleo e/o secondo zone ai bordi, interpretabili come dovute a processi di smistamento (BOWN e GAY,

1959), e probabilmente costituite da ossidi di Fe e Ti (fig. 3). Non di rado l'augite appare sostituita da plaghe di anfibolo e biotite ascrivibili a fenomeni di riequilibrio con un fuso intercumulitico residuale ricco in volatili.

I cristallocumuli di olivina ($2V_{\alpha} = 88^{\circ}$) costituiscono circa il 30 % in volume della roccia e presentano talora bordi arrotondati, per corrosione, e talora sostituiti da un fitto feltro opaco; questo minerale quindi, al contrario del pirosseno, non appare essersi accresciuto a spese del fuso intercumulitico.

La biotite ed il plagioclasio interstiziali costituiscono infine dal 5 al 10 % in volume della roccia.

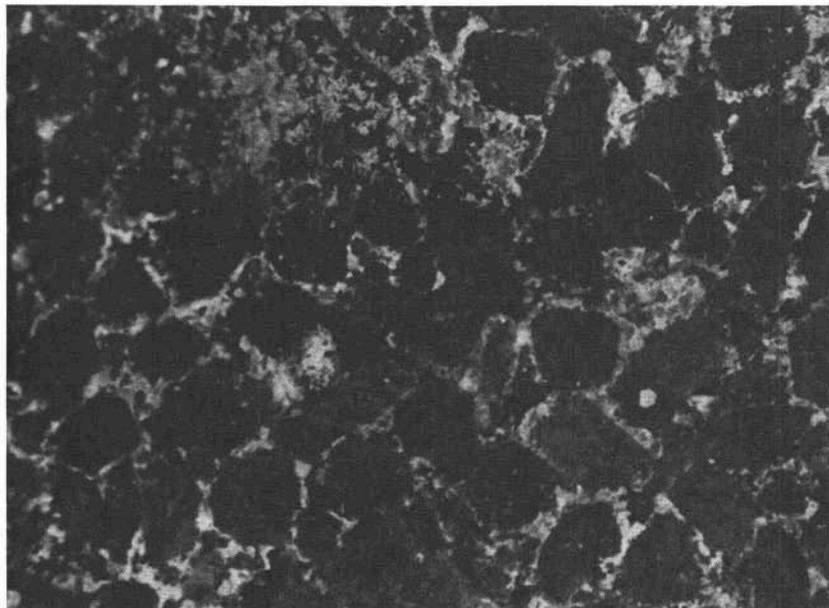


Fig. 5. — Ortocumulite a clinopirosseno (magnetite, olivina) con plagioclasio e biotite intercumulitici. Si riconoscono i cristallocumuli di pirosseno (scuri) circondati prevalentemente da plagioclasio (chiaro).

Le adcumuliti costituiscono livelli dello spessore della decina di metri, che tuttavia non si riescono a seguire su grandi estensioni, riferibili forse ad originari corpi lentiformi. In queste si notano talvolta delle « tasche » di dimensioni decimetriche e forma svariata, costituite quasi esclusivamente di minerali intercumulitici (biotite e plagioclasio), interpretabili come locali coalescenze di frazioni intercumulitiche ricche in volatili ed assai mobili, « espulse » dalla compagine dei cristallocumuli forse per costipamento e/o per fenomeni di diffusione. Altro materiale di probabile provenienza intercumulitica forma nella stessa roccia comulitica filoncelli e venuzze a bordi spesso non ben definiti, ed appare perciò iniettato lungo fratture penecontemporanee al consolidamento della stessa.

All'interno delle masse adcumulitiche ultrafemiche si osservano inoltre a luoghi delle intercalazioni irregolari in livelli dell'estensione dell'ordine della decina di

metri di rocce a plagioclasio, orneblenda e biotite, caratterizzate dalle grandi dimensioni degli individui plagioclasici (fino a 1,5 cm nel senso dell'allungamento) e da un rapporto quantitativo tra plagioclasio e minerali femici che varia sensibilmente (figg. 4 a, b) anche in spazi di alcune decine di centimetri. Il plagioclasio ($An\% = 45$) di queste rocce è in individui cristallini perfettamente idiomorfi e decisamente isorientati; i minerali femici, allotriomorfi rispetto al plagioclasio, dati da orneblenda, biotite e qualche raro granulo augitico, sono costantemente di dimensioni minori.



Fig. 6. — Particolare di ortocumulite al microscopio. Si riconoscono i cristalli di pirosseno, idiomorfi, con inclusi olivina e magnetite, e plagioclasio a tendenza interstiziale (nella foto, più chiaro del precedente e caratteristicamente geminato). Nicols incr., 12 x.

Questo tipo litologico è riferibile in via ipotetica alle *crescumuliti*, descritte da WAGER et al. (1960): i cristalli di plagioclasio si sarebbero accresciuti al fondo temporaneo della massa fusa, con l'asse di allungamento rivolto verso l'alto, per lo più molto lentamente da un fuso residuale spremuto dalla massa delle sottostanti cumuliti in periodi di stasi o forte rallentamento dei processi di accumulo gravitativo ed in un ambiente piuttosto tranquillo.

Nel caso specifico il materiale interstiziale ricco in volatili (come è indicato dalle dimensioni del plagioclasio e dall'abbondanza di minerali femici idrati) si sarebbe mantenuto allo stato fluido anche dopo la completa formazione del plagioclasio, rendendo l'insieme assai mobile e soggetto all'azione di correnti anche di debole intensità: ciò suggerisce che le locali variazioni composizionali, di cui si è accennato, siano dovute a flussi differenziali (WELLS, 1962).

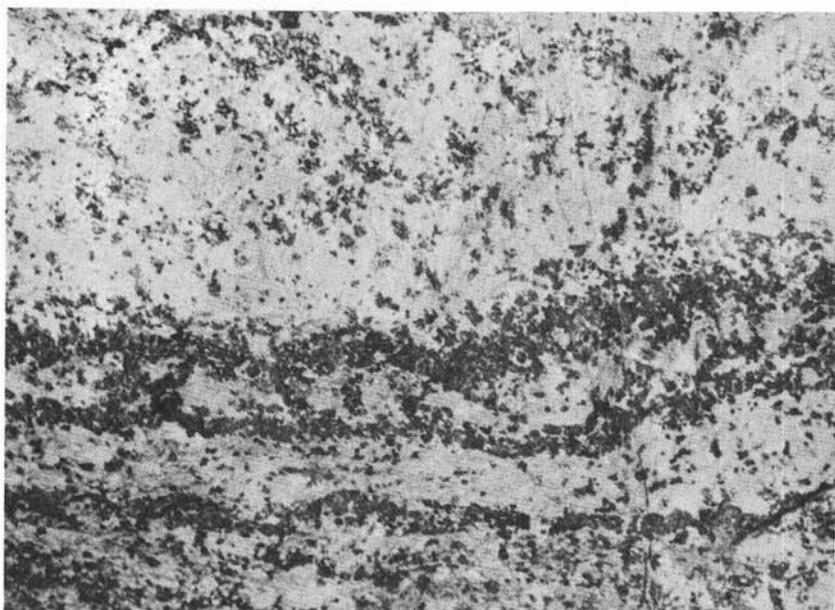


Fig. 7. — Layering a scala centimetrica. Si riconoscono i livelli scuri dati prevalentemente da clinopirosseno, e i livelli chiari dati da plagioclasio e pirosseno.

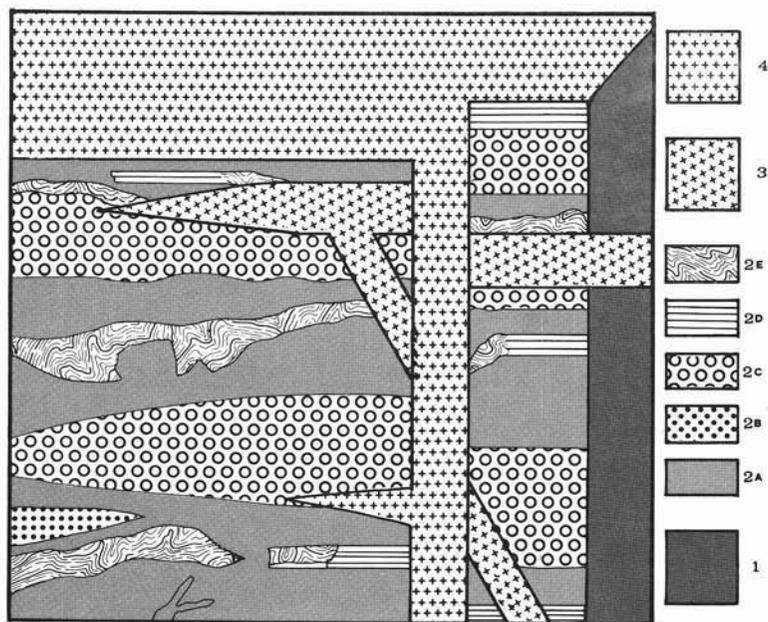


Fig. 8. — Schema riassuntivo semplificato dei rapporti riconosciuti tra le rocce del Complesso Intrusivo dei Monzoni. — *Spiegazione della legenda:* 1 - rocce incassanti; 2 a - Adcumuliti, con masserelle irregolari corrispondenti a locali arricchimenti di fasi intercumulitiche; 2 b - Crescumuliti; 2 c - Ortocumuliti; 2 d - zone a cm-layering; 2 e - zone a cm-layering intensamente scompaginato; 3 - Monzogabbri e Gabbri a tessitura massiccia; 4 - Monzoniti e Monzodioriti a tessitura massiccia.

Nell'Unità della Ricoletta si osservano anche *ortocumuliti*, costituite da una trama di cristallocumuli idiomorfi prevalentemente augitici e più raramente olivini, con biotite, plagioclasio e modeste quantità di feldispato potassico intercumulitici; minerali opachi accessori sono presenti sia tra i cristallocumuli sia come fasi di intercumulo. Nel complesso la porzione intercumulitica costituisce dal 20 al 35 % in volume della roccia (figg. 5 e 6).

Anche in questo caso le ortocumuliti formano corpi stratiformi che generalmente appaiono giacere al di sopra dei livelli di adcumuliti ultrafemiche.

Si osservano, ancora, in rapporti non ben definibili rispetto agli altri tipi litologici, degli orizzonti di rocce a tessitura ortocumulitica, nelle quali la fase di accumulo più abbondante risulta essere il plagioclasio; i minerali intercumulitici sono: pirosseno augitico e/o biotite e/o ancora plagioclasio.

Tutte le singole unità cumulitiche si possono seguire per estensioni assai limitate, dell'ordine di poche decine di metri, sia per la morfologia assai accidentata e per le abbondanti coperture detritiche, sia per le loro modeste dimensioni. Esse mostrano nel complesso giaciture non uniformi; ciò suggerisce che dopo la loro formazione questi corpi siano stati intensamente disturbati.

«Layering» a scala centimetrica, ed altre strutture macroscopiche

Tra le strutture a scala macroscopica osservabili si segnala anche la presenza di alternanze a scala centimetrica di livelli mesocratici e melanocratici (fig. 7). I primi, dello spessore di alcuni centimetri (fino a 15 cm), sono costituiti da prevalenti plagioclasio ($40 < An\% < 55$) ed augite in proporzioni variabili, con una distribuzione dei cristalli di pirosseno tale da dare talora una tessitura gradata agli straterelli; più raramente la gradazione è determinata anche da differenze nelle dimensioni degli individui pirossenici. I secondi, di solito molto più sottili dei precedenti, sono costituiti in prevalenza da augite, subordinatamente da magnetite ed olivina.

Gli straterelli, come risulta da numerose osservazioni sugli affioramenti, raramente e per brevi tratti sono tra loro paralleli; più frequentemente le superfici di contatto appaiono fortemente ondulate e si intersecano a vicenda, confondendosi fino a dare luogo a vaste chiazze nelle quali la stratificazione non è più riconoscibile.

In questo caso si osserva talora una distribuzione piuttosto uniforme dei costituenti mineralogici nelle proporzioni dei gabbri e leucogabbri, ma più spesso delle irregolari plaghe a tendenza leuco-, mesocratica da una parte e melanocratica dall'altra, corrispondenti rispettivamente ai letti chiari ed a quelli scuri della originaria successione stratificata. Ciò sembra dovuto ad uno scompaginamento dell'originario «layering», probabilmente ancora allo stato plastico, a causa di movimenti tettonici sinintrusivi lungo le direttrici che hanno guidato l'iniezione di magma e/o di turbolenze connesse con episodi vulcanici ed a conseguente risalita di nuovo magma.

In prossimità del margine orientale dell'unità intrusiva considerata, per uno spessore di circa 50 m dal piano di contatto con le rocce incassanti, si riscontrano sequenze stratificate a giacitura sub-parallela allo stesso piano di contatto, che in

quel punto è quasi verticale. Anche le rocce sedimentarie incassanti presentano in questa zona giacitura sub-verticale; tuttavia, poichè il piano di contatto ed i giunti di strato delle rocce incassanti sono disposti secondo direzioni ortogonali (rispettivamente N-S ed E-W), si deduce che anche nell'assetto giaciturale originario la stratificazione ignea era sub-verticale.

Nei pressi di Cima Ricoletta si osservano ancora alternanze di livelli dello spessore dell'ordine del metro di pirosseniti e monzodioriti: le prime presentano caratteri di rocce cumulitiche, mentre le seconde hanno una struttura ipidiomorfa a tendenza ofitica, con plagioclasio ($40 < \text{An}\% < 50$), augite, biotite, feldispato potassico e raro quarzo, in ordine di idiomorfismo decrescente. Anche in altre zone, come alla base della parete tra la Forcella Ricoletta e la Cima omonima, alla testata della Valle dei Monzoni, si osservano analoghe successioni stratiformi con alternanza di rocce basiche e monzoniti o monzodioriti.

In tutti questi casi le superfici di contatto tra i diversi livelli sono nette e pressochè parallele; talora inoltre dai livelli più acidi si dipartono nelle rocce cumulitiche delle venuzze e filoncelli a tendenza leucocratica. Queste successioni appaiono perciò dovute ad iniezione successiva di un magma più acido lungo discontinuità planari delle rocce basiche già consolidate.

Discussione dei dati e considerazioni conclusive

Si è visto che in base ai dati tessiturali e strutturali le rocce esaminate possono essere interpretate come cumuliti tra le quali sono localmente inserite delle alternanze a scala centimetrica di livelli mesocratici e melanocratici. Per quanto riguarda le genesi delle masse stratiformi di ortocumuliti ed adcumuliti, essa può essere ricondotta all'accumulo gravitativo di cristalli al fondo temporaneo di un serbatoio magmatico in corso di raffreddamento: mentre per i minerali femici è comunemente noto che, anche in base a dati sperimentali (BOWEN, 1915), essi possono affondare in fusi basaltici l.s., per i minerali sialici la situazione è più controversa, in quanto essi, essendo meno densi del fuso, tenderebbero a galleggiarvi (BOTTINGA e WEILL, 1970). Tuttavia, fondandosi su dati petrografici e considerazioni teoriche, CAMPBELL (1978) ritiene che i processi di « sedimentazione » nel fuso magmatico non avverrebbero per singoli individui cristallini, ma piuttosto per raggruppamenti di cristalli eterogenei, secondo configurazioni prevalentemente cateniformi: così anche i cristalli di plagioclasio potrebbero affondare, in quanto appartenenti ad insiemi complessivamente più densi del fuso. La formazione delle « catene » di individui cristallini, secondo CAMPBELL (1978), avverrebbe ad opera di una particolare nucleazione eterogenea, indotta nel fuso da germi cristallini in accrescimento, secondo direzioni preferenziali nello spazio a loro circostante.

Si può anche ipotizzare che il plagioclasio affondi nel fuso di poco più denso, perchè coinvolto nel movimento del ramo discendente di correnti convettive ad energia sufficientemente alta da permetterne il trascinarsi. Nei prodotti dei Monzoni fin qui studiati non si sono trovate indicazioni certe a favore dell'una o del-

l'altra ipotesi, e pertanto il problema resta qui aperto, relativamente alla presenza non frequente di plagioclasio non intercumulitico.

Per quanto riguarda le differenze tra ortocumuliti ed adcumuliti, queste dipenderebbero (WAGER e BROWN, 1972) in larga misura dalla velocità complessiva dei processi di nucleazione ed affondamento dei cristalli, che determina la velocità di accumulo al fondo della massa di magma: un rapido accumulo di cristalli determinerebbe l'« intrappolamento » di una cospicua porzione di fuso nella compagine dei cristallocumuli e la conseguente cristallizzazione di abbondanti fasi intercumulitiche; al contrario una relativa lentezza nello svolgersi di questi processi favorirebbe l'instaurarsi di fenomeni di diffusione e « spremitura », con il prevalente accrescimento « in situ » dei cristallocumuli.

In linea generale la velocità dei processi di accumulo di cristalli in una massa magmatica dovrebbe tendere a diminuire nel tempo, cosicchè nel corrispondente corpo di rocce intrusive si dovrebbero avere in successione ortocumuliti al letto e adcumuliti al tetto (CAMPBELL, 1978). Alternanze di corpi lentiformi orto- e adcumulitici dovrebbero indicare variazioni ripetute nel regime di accumulo. Nel caso particolare dell'Unità d'intrusione della Ricoletta queste variazioni possono essere ricondotte probabilmente ad importanti episodi di attività vulcanica che determinavano la risalita di magma indifferenziato e ristabilivano le condizioni iniziali di crescita ed accumulo dei cristalli.

Per quanto riguarda la presenza di limitati intervalli con tessitura a « layering » a scala centimetrica, si può suggerire che nella massa considerata generalmente l'accumulo di fasi dense verso il basso e la contemporanea evoluzione in senso acido delle porzioni alte del fuso dovevano compensare per lunghi periodi gli effetti sulla densità dovuti al raffreddamento, più marcato nelle parti elevate del corpo magmatico, ed impedire quindi l'instaurarsi di moti convettivi.

Tuttavia in momenti particolari, in una massa composizionalmente omogenea, la maggior densità delle porzioni sommitali più fredde rispetto a quelle più profonde potrebbe aver consentito dei movimenti di convezione. Il ramo discendente di ciascun ciclo convettivo avrebbe quindi determinato il trasferimento relativamente rapido di magma sottoraffreddato con eventuali cristalli in sospensione verso il fondo della massa magmatica. Qui, a causa del prevedibile aumento della temperatura di equilibrio tra fasi solide e liquido con la profondità (a $P_{H_2O} < P_{tot}$), dovrebbe verificarsi in questo magma una rapida ed abbondante nucleazione (CARMICHAEL et al., 1974), da cui deriverebbe la disposizione prevalentemente stratiforme di livelli scuri, derivanti dalla concentrazione di cristalli cresciuti nelle parti sommitali, e di livelli chiari, corrispondenti al prodotto di rapida cristallizzazione del fuso sottoraffreddato nelle porzioni basali della massa magmatica. In tal modo trova un'interpretazione la genesi della stratificazione a scala centimetrica, che è un carattere diffuso di intrusioni basiche, ed è stata spesso addotta a sostegno di modelli petrogenetici basati sull'accumulo gravitativo di cristalli (BUDDINGTON, 1936; WAGER, 1963; GOODE, 1976).

Altri eventuali episodi di rapida nucleazione, prevalentemente in livelli elevati

della massa fusa, seguiti da processi di accumulo, potrebbero essere dovuti a brusche cadute della pressione di volatili conseguenti ad attività vulcanica.

Considerando i livelli stratificati con giacitura primaria subverticale, osservabili nei pressi del margine orientale dell'unità intrusiva considerata, essi risultano assai simili a quelli frequentemente riscontrati ai margini di intrusioni basiche (McCALL e PEERS, 1971; PHILPOTTS, 1968; WAGER e BROWN, 1968). Anche in questo caso si tratterebbe di caratteri tessiturali legati all'esistenza di moti convettivi (WAGER e BROWN, 1968): porzioni di magma ricco in cristalli fluirebbero con moto laminare periodico lungo le pareti dell'intrusione, in corrispondenza delle quali si troverebbe del materiale raffreddato e viscoso, al quale resterebbero « attaccati » parte dei cristalli. Queste particolari facies sono perciò definibili come « cumuliti per congelamento » (congelation cumulates).

Tenendo conto che le rocce studiate si sono in larga misura originate attraverso processi di accumulo gravitativo di cristalli da un magma a composizione gabbriica l.s., come si ricava dalle principali fasi presenti e dalla loro composizione, si deve rilevare la scarsità di prodotti differenziati in senso leucocratico, la cui composizione si possa considerare complementare a quella delle accumuliti: ciò può trovare una spiegazione ipotizzando che questi differenziati alimentassero l'attività vulcanica e/o che le corrispondenti masse rocciose, verosimilmente ubicate nelle parti sommitali dell'intrusione, siano state erose.

A proposito della possibilità che l'unità considerata abbia alimentato parte delle manifestazioni vulcaniche ladiniche, riconoscibili nelle zone immediatamente circostanti, si deve ricordare qui l'irregolare distribuzione delle strutture primarie riconosciute, imputabile ad un intenso scompaginamento della massa per fenomeni da contemporanei a immediatamente successivi alle principali fasi di consolidamento, quando questa ancora conservava un comportamento plastico. Questi fenomeni sono verosimilmente da ricondurre sia ad un'intensa attività tettonica regionale, sia a movimenti di masse magmatiche, legati appunto con l'esplicarsi di attività effusiva.

Ringraziamenti. — Si ringrazia la SEZIONE UNIVERSITARIA della S.A.T.-C.A.I. per l'ospitalità offerta nel Rifugio Taramelli durante le campagne di rilevamento estive del 1977 e del 1978.

BIBLIOGRAFIA

- BEDARIDA F. (1978) - *Cristallizzazione da soluzioni*. Rend. S.I.M.P., 34, 653-662.
- BORSI S., FERRARA G., PAGANELLI L., SIMBOLI G. (1968) - *Isotopic ages measurements of the Monzoni Intrusive Complex*. Miner. Petr. Acta, 14, 171-182.
- BOSELLINI A. e ROSSI D. (1974) - *Triassic carbonate Buildups of the Dolomites, Northern Italy*. In: « Reefs in time and space ». Soc. of Econ. Paleont. and Miner. Spec. Publ., 18, 209-233.
- BOTTINGA Y. e WEILL D.F. (1970) - *Densities of liquid silicate systems calculated from partial molar volumes of oxide components*. Am. J. Sci., 269, 169-182.
- BOWEN N.L. (1915) - *Crystallization differentiation in silicate liquids*. Am. J. Sci., 39, 175-191.

- BOWN M. G. e GAY P. (1959) - *The identification of oriented inclusions in Pyroxene crystals.* Am. Miner., 44, 592-602.
- CAMPBELL I. H. (1978) - *Some problems with the cumulus theory* Lithos, 11, 311-323.
- CARMICHAEL I. S. E., TURNER J. F. e WERHOOGEN J. (1974) - *Igneous Petrology.* McGraw-Hill Book Company, New York, 733 pp.
- CASTELLARIN A., ROSSI P. L., SIMBOLI G., SOMMAVILLA E., DE LUCA A. (1977) - *Dati geologici e petrografici sul Gruppo del Buffaure.* Miner. Petr. Acta, 21, 165-187.
- DEL MONTE M., PAGANELLI L., SIMBOLI G. (1967) - *The Monzoni intrusive rocks. A modal and chemical study.* Miner. Petr. Acta, 13, 75-118.
- DEL MONTE M. e PAGANELLI L. (1967) - *I feldspati nella serie monzonitica gabbrica dei Monti Monzoni.* Miner. Petr. Acta, 13, 252-289.
- GALLITELLI P. e SIMBOLI G. (1979) - *Ricerche petrografiche e geochimiche sulle rocce di Predazzo e dei Monzoni (Prov. Trento, Italia) svolte nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bologna negli anni 1962-70.* Miner. Petr. Acta, 16, 221-238.
- GOODE A. D. T. (1976) - *Sedimentary structures and Magma Current velocity in the Kalka Layered Intrusion, Central Australia.* J. Petr., 17, 546.
- LEONARDI P. (1967) - *Le Dolomiti.* Arti Grafiche Manfrini, Rovereto.
- MCCALL G. J. H. e PEERS R. (1971) - *Geology of the Binneringie Dyke, Western Australia.* Geol. Rund., 60, 1174-1263.
- PHILPOTTS A. R. (1968) - *Igneous structures and mechanism of emplacement of Mount Johnson, a Monteregian intrusion, Quebec.* Can. J. Earth. Sci., 5, 1131-1147.
- ROSSI P. L., SIMBOLI G., SOMMAVILLA E. (1974) - *La serie vulcanica medio-triassica della Catena del Padòn (Gruppo della Marmolada, parte settentrionale).* Miner. Petr. Acta, 20, 1-48.
- WAGER L. R., BROWN G. M. e WADSWORTH W. J. (1960) - *Types of igneous cumulates.* J. Petr., 1, 73-85.
- WAGER L. R. (1963) - *The mechanism of adcumulus growth in the layered series of the Skaergaard Intrusion.* Min. Soc. Am. Spec. Pal., 1, 1-9.
- WAGER L. R. e BROWN G. M. (1968) - *Layered Igneous Rocks.* Olivier & Boyd, Edinburg and London, 588 pp.
- WELLS M. K. (1962) - *Structure and petrology of the Freetown Layered Basic Complex of Sierra Leone.* Overs. Geol. Min. Res., London, 4, 1-115.