

ANTONINO LO GIUDICE

CARATTERI PETROGRAFICI E PETROCHIMICI  
DELLE LAVE DEL COMPLESSO DI VAVALACI (ETNA) (\*)

RIASSUNTO. — LYELL (1859) indicò nell'Etna la presenza di due assi eruttivi di cui uno è quello attivo (asse del Mongibello) mentre l'altro è estinto (asse del Trifoglietto) ed i suoi prodotti affiorano nella caldera della Valle del Bove. Recentemente KLERKX (1968) distinse in questi prodotti della Valle del Bove tre centri effusivi (il Calanna, il Trifoglietto I, il Trifoglietto II) intervallati nel tempo; infine CRISTOPOLINI e LO GIUDICE (1969) individuarono al di sopra dei prodotti del Trifoglietto II un complesso di lave a chimismo prevalentemente latitandesitico stratigraficamente interposto fra i prodotti del Trifoglietto e quelli del Mongibello.

Vengono qui presi in esame tutti i prodotti compresi fra il Trifoglietto II ed il Mongibello affioranti lungo il margine sud-occidentale della Valle del Bove. Si rileva che la loro giacitura complessiva è differente da quella dei prodotti ad essi sottostanti e sovrastanti e che la loro immersione indica che il centro eruttivo da cui hanno avuto origine doveva trovarsi all'interno della Valle del Bove. In base a queste osservazioni sembra opportuno comprendere i prodotti studiati sotto la denominazione di « Complesso di Vavalaci » dal nome della località in cui risultano meglio esposti ed offrono la maggior potenza. In base alla presenza di prodotti con caratteri strutturali e chimico-petrografici diversi separati da un banco di tufi in due livelli differenti ben individuabili, si è suddiviso il periodo di attività del centro eruttivo del Complesso di Vavalaci in due cicli distinti.

Lo studio petrografico e petrochimico dei relativi prodotti ha permesso di individuare lave a composizione variabile con continuità da tipi alcali-andesitici a leucolatitandesitici di solito sottosaturi, raramente soprasaturi, caratterizzati dalla costante presenza di feldspato alcalino normativo rilevabile per via diffrattometrica e di scarse quantità di nefelina o quarzo nei termini soprasaturi. In base ai caratteri petrografici le lave del Complesso di Vavalaci sono state distinte in alcali-andesiti, latitandesiti, leucolatitandesiti e latitandesiti ad anfibolo.

Mettendo in rapporto i caratteri petrografici e petrochimici con la posizione stratigrafica delle lave studiate si nota un carattere più differenziato in senso acido per i prodotti del secondo ciclo.

---

(\*) Lavoro eseguito con il contributo del C.N.R., contratto per le ricerche petrografiche sull'Etna e sugli Iblei.

L'analisi chimica di 11 campioni rappresentativi di tutti i tipi petrografici del complesso ha messo in evidenza il loro carattere costantemente alcalino e variamente differenziato. L'esame dei caratteri petrochimici dei prodotti dei due cicli eruttivi fa concludere che essi si sono originati per processi di differenziazione indipendenti e legati alla sottrazione di fasi femiche e plagioclastiche contemporaneamente.

ABSTRACT. — Along the inner slopes of Valle del Bove (Mt. Etna) near its SW edge, between the Mongibello and Trifoglietto II complexes, lava flows are interlayered with tuffs. They dip very gently west and south-westward showing that their eruptive axis should have been somewhere near the lower part of Canalone della Montagnola inside the present-day caldera, in a different position with respect either to the Trifoglietto II (KLERKX, 1968) or the Mongibello axes.

This newly discovered complex has been named Vavalaci Complex after the Serra Vavalaci where the best exposures are found.

Two different levels, separated by a thick tuff layer, have been recognized, the latter being on the average more differentiated toward acid terms than the former.

Undersaturated alkali-andesites (STRECKEISEN, 1967), latitandesites with or without amphibole up to leucolatitandesites have been recognized, where an alkali-feldspar (Or 20%-60%) has been detected by X-rays methods. Colour index and An content in the plagioclases, together with the volume percentage of phenocrysts, show a marked decrease in the more differentiated lavas.

Chemical characters show that the differentiation could have been due to subtraction of both mafic and plagioclastic phases.

### Introduzione.

Già nella seconda metà del secolo scorso vari autori (LYELL, 1859; GEMMELLARO, 1860; SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN, 1880) avevano riconosciuto nel complesso etneo due diversi centri eruttivi. I loro assi principali vennero indicati (LYELL, 1859) come *asse del Trifoglietto*, i cui prodotti sono affioranti nella Valle del Bove, ed *asse del Mongibello* tuttora attivo. Successivamente DI FRANCO (1930) indicò nell'area etnea alcune colate laviche « pre-etnee » senza peraltro indicare i centri di origine.

Recentemente KLERKX (1966, 1968) ha distinto nella Valle del Bove tre apparati eruttivi differenti, preesistenti al centro attualmente attivo coincidente con l'asse del Mongibello e sostanzialmente intervallati nel tempo: il Calanna, il Trifoglietto I ed il Trifoglietto II. Lo stesso autore segnala inoltre al di sopra delle manifestazioni ascrivibili al Trifoglietto II la presenza di colate laviche a chimismo va-

riabile da andesiti a trachiandesiti (post-Trifoglietto; KLERKX, 1968) i cui centri eruttivi sarebbero da individuare in quello attuale dell'Etna o in altri non identificati ma comunque ad esso vicini.

Nell'ambito di queste manifestazioni recentemente CRISTOFOLINI e LO GIUDICE (1969) hanno individuato un complesso di colate chiaramente derivanti da un centro eruttivo ubicato nell'attuale Valle del Bove. Queste colate, stratigraficamente collegabili con analoghe lave affioranti fra Adrano e Biancavilla, sono sottoposte direttamente ai prodotti provenienti dall'attuale centro eruttivo etneo (asse del Mongibello; LYELL, 1859) o da suoi apparati laterali. Nel lavoro di CRISTOFOLINI e LO GIUDICE (1969) si è avuto modo di fare notare l'importanza che assumono le manifestazioni effusive latitandesitiche intercalate fra i prodotti del Trifoglietto II (KLERKX, 1968) e del Mongibello, sia dal punto di vista petrografico che geologico, in quanto concorrono a chiarire il complesso quadro strutturale e chimico-petrografico dell'edificio etneo.

Nel presente lavoro vengono presi in considerazione tutti i prodotti relativi al complesso di vulcaniti intercalate fra le lave del Trifoglietto II e quelle del Mongibello limitatamente al margine sud-occidentale della Valle del Bove, in quanto in questa zona essi affiorano con la massima potenza e con una successione completa.

#### **Posizione geologica dei materiali studiati.**

Le vulcaniti qui prese in esame costituiscono dei livelli piuttosto alti nella serie dei prodotti etnei. Esse mostrano la massima potenza e la migliore esposizione presso il bordo sud-occidentale della Valle del Bove e precisamente a Sud-Est della Montagnola (cratere del 1763) e nelle zone immediatamente vicine. La posizione stratigrafica di queste vulcaniti può essere determinata con buona precisione entro la serie dei prodotti affioranti lungo le pareti della Valle del Bove. Esse fanno parte delle manifestazioni post-Trifoglietto (KLERKX, 1968) e ricoprono l'edificio del Trifoglietto II.

Dal basso verso l'alto risalendo il margine sud occidentale ed occidentale della Valle del Bove dalla Serra dell'Acqua sino alla Montagnola lungo la Schiena dell'Asino e le zone contermini la successione litostratigrafica appare come segue:

a) Prodotti dell'edificio del Trifoglio II, costituiti da lave e tufi rossastri con forte immersione verso W.

b) Lave massicce a struttura porfirica con chimismo prevalentemente latitandesitico, alle quali si intercalano verso l'alto lave di tipo alcali-andesitico. Ciascuna colata è potente in media 10 m, per uno spessore totale di 75 m circa; tutte le colate sopra menzionate immergono debolmente verso WSW o SW. Ad esse succedono verso l'alto un potente banco di tufi fittamente stratificato (tufi intermedi) con giacitura conforme a quella delle lave sottostanti e sottili colate afanitiche potenti attorno ad un metro ciascuna con ripetizione di una alternanza di lave leucolatitandesitiche e latitandesitiche a tendenza leucolatitandesitica, per uno spessore complessivo di 60 m circa.

Ai prodotti descritti succedono nella zona a SE della Montagnola, lungo il margine interno della Valle del Bove, alcune colate laviche di piccolo spessore, con colore rossiccio e superfici fortemente scoriee e struttura leggermente porfirica. La loro giacitura è orizzontale o leggermente inclinata verso WSW. Seguono infine nella zona a SE della Montagnola delle sottili colate a struttura sia porfirica che afanitica la cui caratteristica comune è la presenza di anfibolo; queste ultime colate immergono verso S e SW seguendo il pendio del versante e sembrano chiaramente provenire da un centro eruttivo situato all'interno della Valle del Bove.

Il complesso di prodotti qui descritti sotto la lettera b) costituisce l'argomento di studio del presente lavoro.

c) Segue verso l'alto una successione di bancate tufacee varicolori, gialle o rosate, a stratificazione incrociata potenti complessivamente intorno a 50 m circa, mediamente orizzontali o poco inclinate verso ENE, e di colate laviche nettamente immergenti ad E, cioè verso l'interno della Valle del Bove (affioramenti del Canalone della Montagnola e ad E della Cisternazza). Si tratta di prodotti effusivi recenti, inquadrabili fra quelli provenienti dall'asse eruttivo del Mongibello.

I rapporti stratigrafici intercorrenti fra le vulcaniti affioranti nella parte topograficamente più elevata della Valle del Bove sono schematicamente indicati nelle figure 1 e 2.

I prodotti studiati nel presente lavoro presentano giacitura nettamente diversa sia da quella dei sottostanti prodotti del Trifoglio II, come era già stato notato da LYELL (1859) e da SARTORIUS VON WAL-

TERSHAUSEN (1880, vol. 2, tav. 1), sia da quella dei prodotti sovrastanti, la cui immersione prevalente verso E indica una provenienza da centri effusivi vicini a quello attuale.

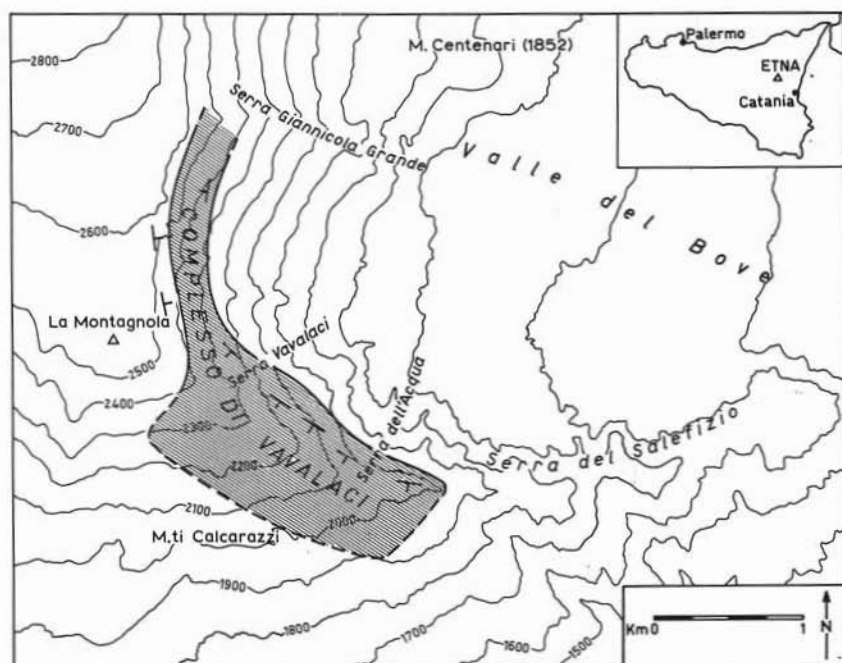


Fig. 1. — Carta topografica schematica della zona studiata. Il tratteggio delimita l'affioramento del Complesso di Vavalaci lungo il margine sud-occidentale della Valle del Bove.

Dalle osservazioni sopra fatte emerge che nell'area della Valle del Bove e precisamente lungo il margine sud-occidentale di essa è chiaramente individuabile un complesso di vulcaniti che per caratteri geologico-strutturali e chimico-petrografici si differenzia nettamente da quelle riferibili al centro eruttivo del Trifoglietto II e del Mongibello. Detto complesso affiora con notevole continuità lungo il margine interno sud-occidentale della Valle del Bove dalla Serra dell'Acqua alla Serra Vavalaci offrendo presso quest'ultima località la sua maggior potenza in affioramento (circa 150 m) e la migliore esposizione. L'intero complesso immerge mediamente di pochi gradi verso WSW o SW.

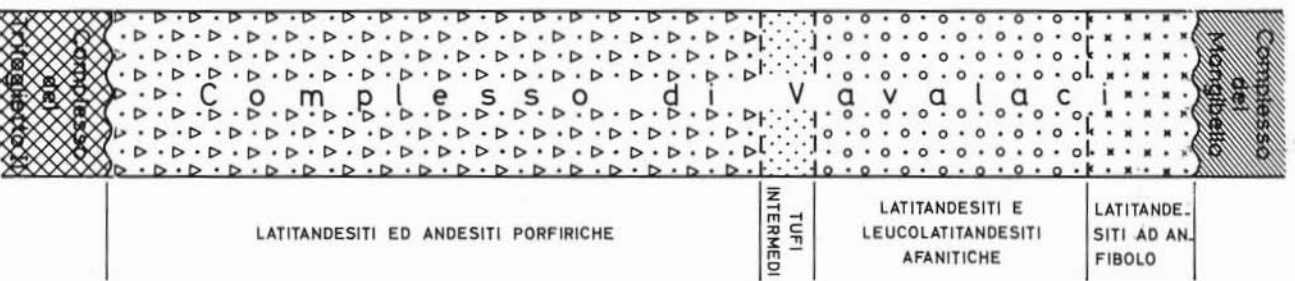


Fig. 2. — Colonna stratigrafica schematica dei prodotti studiati.

Sembra qui opportuno raggruppare l'insieme di vulcaniti stratigraficamente interposte fra i prodotti del Trifoglietto II e del Mongibello in un unico complesso geologico e definirlo come « *Complesso di Vavalaci* » dal nome della località in cui risulta meglio esposto.

La posizione del Complesso di Vavalaci risulta perfettamente individuata nel tempo in quanto le discordanze angolari esistenti fra le giaciture complessive di questo complesso e quelle del sottostante Trifoglietto II e del sovrastante Mongibello indicano che il periodo di attività vulcanica che ha dato ad esso origine è intermedio fra quelli in cui si sono avute le manifestazioni del Trifoglietto II e dell'asse eruttivo attualmente attivo (Mongibello; LYELL, 1859). Nello spazio la posizione del centro eruttivo del Complesso di Vavalaci doveva trovarsi all'interno della Valle del Bove e non coincideva con quella del Trifoglietto II, come si può desumere dalla diversità di giaciture. Esso doveva probabilmente trovarsi in una zona in prossimità della parte bassa del Canalone della Montagnola a N di Serra Vavalaci (vedi fig. 1).

Per quanto riguarda l'estensione areale del Complesso di Vavalaci non si hanno attualmente notizie sufficienti a dare un quadro completo. Esso sembra essere notevolmente esteso verso SW dove affiora, anche se con discontinuità, sino ad Adrano e Biancavilla (cfr. CRISTOFOLINI e Lo GIUDICE, 1969) mentre verso S gli affioramenti sembrano limitati al solo margine esterno della Valle del Bove, dato che in questa zona è particolarmente sviluppata la copertura lavica di età recente o storica. Una possibile estensione verso occidente del complesso suddetto sembra potersi dedurre dalla presenza nella zona di Bronte di lave con notevoli affinità chimico-petrografiche rinvenute nella trivellazione di un pozzo (cfr. STURIALE, 1967, colata B<sub>2</sub>).

L'esame dei tipi litologici del Complesso di Vavalaci indica inoltre che l'attività vulcanica che ha presieduto alla sua formazione si è sviluppata essenzialmente in due cicli distinti fra i quali dovette aversi un certo periodo di stasi. Il primo ciclo è caratterizzato da colate laviche relativamente potenti a struttura porfirica e chimismo variabile da latitandesitico ad alcali-andesitico; il secondo ciclo, iniziato con un'attività prevalentemente esplosiva che ha dato luogo alla formazione dei tufi intermedi, risulta invece caratterizzato da colate molto sottili, costantemente afanitiche e a chimismo variabile da latitandesitico a leucolatitandesitico.

### Caratteri petrografici.

Il materiale studiato proviene da una campionatura in serie eseguita presso la Serra Vavalaci, per una potenza complessiva di circa 135 m, nonché da campioni sparsi prelevati lungo il margine interno della Valle del Bove, dalla Serra dell'Acqua alla Montagnola, e da campioni prelevati nella parte sud-occidentale del versante esterno di detta valle (fig. 1).

I campioni studiati presentano una variabilità di caratteri strutturali e petrochimici ampia e significativa, tale da giustificare la trattazione separata per ciascun tipo petrografico.

Si tratta essenzialmente di:

- a) Alkali-andesiti (STRECKEISEN, 1967; pag. 184)
- b) Latitandesiti
- c) Leucolatitandesiti
- d) Latitandesiti ad anfibolo.

Come si avrà modo di fare notare meglio in seguito, le lave studiate presentano una gradazione completa di caratteri petrografici e di chimismo tra un tipo e l'altro.

#### *Alkali-andesiti.*

Le rocce di tipo francamente alcali-andesitico sono relativamente scarse nel complesso dei prodotti qui studiati, mentre risultano abbastanza ben rappresentate alcune alcali-andesiti a spiccata tendenza verso termini latitandesitici. Nella successione litostratigrafica le rocce francamente alcali-andesitiche si rinvencono immediatamente al di sotto del banco di tufi intermedi e sembrano rappresentare gli ultimi prodotti del primo ciclo di attività vulcanica del Complesso di Vavalaci; per quanto riguarda i termini a tendenza latitandesitica si è avuto modo di notare che pur essendo distribuiti alquanto disordinatamente, anch'essi si rinvencono esclusivamente al di sotto dei tufi intermedi e sono pertanto da attribuire al primo ciclo di attività.

Macroscopicamente si tratta di rocce con caratteri tessiturali molto omogenei: presentano colore grigio piombo alquanto scuro, tessitura molto massiccia (raramente presenti prodotti a tessitura vacuolare) e



struttura discretamente porfirica per la presenza di più o meno abbondanti fenocristalli di plagioclasio e pirosseno; l'olivina è raramente distinguibile macroscopicamente.

Al microscopio le alcali-andesiti ed i termini a tendenza latitan-desitica presentano i medesimi caratteri strutturali e gli stessi componenti mineralogici; netta è invece la differenza per quanto riguarda le percentuali relative dei diversi componenti. Mentre le alcali-andesiti presentano complessivamente una elevata percentuale di elementi femici (il che si traduce in un indice di colore relativamente elevato: I. C. > 30), questi diminuiscono notevolmente nei termini a tendenza latitandesitica (I. C. = 21-27). La presenza di numerosi e vistosi fenocristalli idiomorfi di plagioclasio e di subordinati individui di pirosseno, olivina e magnetite conferiscono alle rocce il tipico aspetto porfirico. La massa fondamentale olocristallina è costituita da microliti degli stessi minerali che costituiscono la fase di cristallizzazione intratellurica; il marcato idiomorfismo degli individui plagioclasici della pasta di fondo rispetto agli elementi femici conferisce a quest'ultima una struttura tendenzialmente intersertale.

In tabella 1 sono riportate le analisi modali di alcuni campioni appartenenti ai tipi petrografici qui considerati.

#### *Latitandesiti.*

Le lave di tipo latitandesitico sono senz'altro quelle maggiormente rappresentate in tutto il Complesso di Vavalaci, con distribuzione abbastanza omogenea nella successione stratigrafica. Al contrario di quanto già visto per i prodotti alcali-andesitici, le latitandesiti non presentano caratteri strutturali omogenei essendo presenti sia tipi francamente porfirici con macroscopici fenocristalli di plagioclasio, pirosseno ed olivina, che tipi afanitici in cui solo raramente può essere distinto qualche fenocristallo plagioclasico.

Di un certo interesse può risultare la relazione esistente fra i caratteri strutturali dei prodotti qui considerati e la loro posizione stratigrafica. Si nota infatti che mentre le latitandesiti che si rinven-gono nella parte stratigraficamente più bassa del complesso, e cioè al di sotto dei tufi intermedi, riferibili pertanto al primo ciclo di attività vulcanica, sono costantemente caratterizzate da struttura nettamente porfirica e mostrano talora una certa tendenza verso le alcali-andesiti cui risultano associate, al contrario quelle affioranti al di

TABELLA 1.

*Analisi modali di lave appartenenti al Complesso di Vavalaci.*

		Pl	Px	Ol	Mt	Ap	Anf	I.C.	I.P.																																																																																																																																																															
1	F	31.1	0.2	0.9	0.2	—	—	21.2	32.4	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Valle del Tripodo.																																																																																																																																																														
	PF	47.7	11.5	2.8	5.6	tr.	—				2	F	29.1	1.1	1.0	0.6	—	—	23.0	31.8	Latitandesite porfirica. Valle del Tripodo.	PF	47.9	11.7	3.4	5.2	tr.	—	3	F	27.8	1.6	1.2	1.2	tr.	—	21.3	31.8	Latitandesite porfirica. Serra dell'Acqua. (*)	PF	50.9	11.2	1.4	4.7	—	—	4	F	17.6	2.6	1.1	1.2	0.3	—	14.1	22.8	Latitandesite porfirica. Serra Pirciata. (*)	PF	68.3	4.0	1.6	3.3	tr.	—	5	F	29.6	8.1	2.2	1.7	—	—	20.8	41.6	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci. (*)	PF	49.6	4.1	3.2	1.5	tr.	—	6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—	7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3
2	F	29.1	1.1	1.0	0.6	—	—	23.0	31.8	Latitandesite porfirica. Valle del Tripodo.																																																																																																																																																														
	PF	47.9	11.7	3.4	5.2	tr.	—				3	F	27.8	1.6	1.2	1.2	tr.	—	21.3	31.8	Latitandesite porfirica. Serra dell'Acqua. (*)	PF	50.9	11.2	1.4	4.7	—	—	4	F	17.6	2.6	1.1	1.2	0.3	—	14.1	22.8	Latitandesite porfirica. Serra Pirciata. (*)	PF	68.3	4.0	1.6	3.3	tr.	—	5	F	29.6	8.1	2.2	1.7	—	—	20.8	41.6	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci. (*)	PF	49.6	4.1	3.2	1.5	tr.	—	6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—	7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—														
3	F	27.8	1.6	1.2	1.2	tr.	—	21.3	31.8	Latitandesite porfirica. Serra dell'Acqua. (*)																																																																																																																																																														
	PF	50.9	11.2	1.4	4.7	—	—				4	F	17.6	2.6	1.1	1.2	0.3	—	14.1	22.8	Latitandesite porfirica. Serra Pirciata. (*)	PF	68.3	4.0	1.6	3.3	tr.	—	5	F	29.6	8.1	2.2	1.7	—	—	20.8	41.6	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci. (*)	PF	49.6	4.1	3.2	1.5	tr.	—	6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—	7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																
4	F	17.6	2.6	1.1	1.2	0.3	—	14.1	22.8	Latitandesite porfirica. Serra Pirciata. (*)																																																																																																																																																														
	PF	68.3	4.0	1.6	3.3	tr.	—				5	F	29.6	8.1	2.2	1.7	—	—	20.8	41.6	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci. (*)	PF	49.6	4.1	3.2	1.5	tr.	—	6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—	7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																		
5	F	29.6	8.1	2.2	1.7	—	—	20.8	41.6	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci. (*)																																																																																																																																																														
	PF	49.6	4.1	3.2	1.5	tr.	—				6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—	7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																				
6	F	16.5	5.8	2.9	0.8	—	—	24.0	24.0	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.																																																																																																																																																														
	PF	59.5	6.7	3.8	4.0	tr.	—				7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—	8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																																						
7	F	16.5	3.6	1.1	1.1	tr.	—	25.6	22.3	Latitandesite porfirica. Serra Vavalaci.																																																																																																																																																														
	PF	57.9	9.1	5.7	5.0	tr.	—				8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—	9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																																																								
8	F	19.9	5.6	2.9	1.8	—	—	26.6	30.2	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.																																																																																																																																																														
	PF	53.5	7.7	3.8	4.9	tr.	—				9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—	10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																																																																										
9	F	13.6	3.4	3.0	1.7	tr.	—	27.9	21.7	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci. (*)																																																																																																																																																														
	PF	58.5	11.2	3.6	5.0	—	—				10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																																																																																												
10	F	11.0	18.7	1.4	1.2	—	—	36.1	32.3	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.																																																																																																																																																														
	PF	52.9	5.3	4.2	5.3	tr.	—																																																																																																																																																																	

(segue tab. 1)

		Pl	Px	OI	Mt	Ap	Anf	I.C.	I.P.	
11	F	29.5	3.5	3.1	2.0	tr.	—	31.3	38.1	Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite. Serra Vavalaci.
	PF	39.2	9.6	4.8	8.3	tr.	—			
12	F	31.7	6.3	2.0	1.0	—	—	35.6	41.0	Alcali-andesite porfirica. Serra Vavalaci.
	PF	32.7	16.7	6.8	2.8	tr.	—			
13	F	0.8	0.1	—	0.1	tr.	—	6.1	1.0	Leucolatitandesite afanítica. Serra Vavalaci. (*)
	PF	93.1	3.1	—	2.8	—	—			
14	F	2.1	0.7	0.4	0.4	tr.	—	8.0	3.6	Leucolatitandesite afanítica. Serra Vavalaci. (*)
	PF	89.9	3.3		3.2	tr.	—			
15	F	6.9	3.2	0.1	1.1	tr.	—	13.0	11.3	Latitandesite afanítica. Serra Vavalaci.
	PF	80.1	6.5		2.1	tr.	—			
16	F	1.0	1.2	—	1.0	tr.	—	16.1	3.2	Latitandesite afanítica tendente a leucolatitandesite. Serra Vavalaci. (*)
	PF	82.9	10.7		3.2	—	—			
17	F	—	—	—	—	—	—	16.2	0.0	Latitandesite afanítica tendente a leucolatitandesite. Serra Vavalaci.
	PF	83.9	12.5		3.7	tr.	—			
18	F	4.8	—	—	0.9	0.1	2.6	17.6	8.4	Latitandesite ad anfibolo afanítica a tendenza leucolatitandesitica. Schiena dell'Asino.
	PF	77.6	12.5		1.5	tr.	—			
19	F	19.2	6.5	3.0	1.5	tr.	tr.	18.9	30.2	Latitandesite porfirica ad anfibolo. Rocca Sabbiosa.
	PF	61.9	7.4		0.5	tr.	—			

(\*) Analisi modali già edite in CRISTOFOLINI e LO GIUDICE (1969).

F = Fenoeristalli.

PF = Pasta di fondo.

sopra dei tufi intermedi, riferibili pertanto al secondo ciclo di attività, sono costantemente afanitiche e mostrano spesso una marcata tendenza verso i prodotti più acidi ad esse associati (leucolatitandesiti).

All'esame microscopico le *latitandesiti porfiriche* risultano costituite da una massa fondamentale olocristallina microgranulare a struttura tendenzialmente intersertale in cui sono immersi vistosi fenocristalli di plagioclasio, pirosseno, olivina e magnetite; detti fenocristalli raggiungono talora i 4 mm di lunghezza. I componenti sicuri sono spesso riuniti in aggregati mentre il plagioclasio risulta per solito isolato. La massa di fondo è costituita dalle stesse specie minerali dei fenocristalli. L'indice di colore mostra una dispersione di valori da 26 a 18 corrispondenti rispettivamente a tipi a tendenza alcaliandesitica ed a tipi nettamente latitandesitici.

Caratteri nettamente diversi presentano invece le *latitandesiti afanitiche*. Al microscopio esse risultano costituite da un aggregato microcriptocristallino dei microliti plagioclasici tabulari, con dimensioni dell'ordine di  $80 \mu \times 10 \mu$ , isoorientati fra loro in modo da conferire alla roccia una tipica struttura fluidale; immersi in detta pasta di fondo si rinvengono rari microfenoecristalli plagioclasici anch'essi tabulari ed isoorientati con i microliti; molto rari od addirittura assenti risultano i fenocristalli femici. L'indice di colore molto basso (I. C. compreso fra 15 e 17) di queste rocce indica la loro netta tendenza verso i termini leucolatitandesitici che risultano ad esse direttamente associati.

In tabella 1 sono riportate le analisi modali di alcuni campioni appartenenti ai tipi petrografici qui descritti.

#### *Leucolatitandesiti.*

Le leucolatitandesiti sono presenti esclusivamente nella parte stratigraficamente più alta del complesso di vulcaniti qui studiate e risultano associate alle latitandesiti afanitiche. Esse sovrastano i tufi intermedi e sono sottoposte soltanto alle latitandesiti ad anfibolo che costituiscono le ultime manifestazioni effusive del Complesso di Vavalcia. Si tratta di lave compatte di spessore variabile ma comunque molto ridotto (circa 1 metro in media), di colore grigio piombo piuttosto chiaro e caratterizzate macroscopicamente da struttura afanitica.

Al microscopio appaiono costituite da un aggregato microcristallino di individui tabulari di plagioclasio isoorientati fra loro con ti-

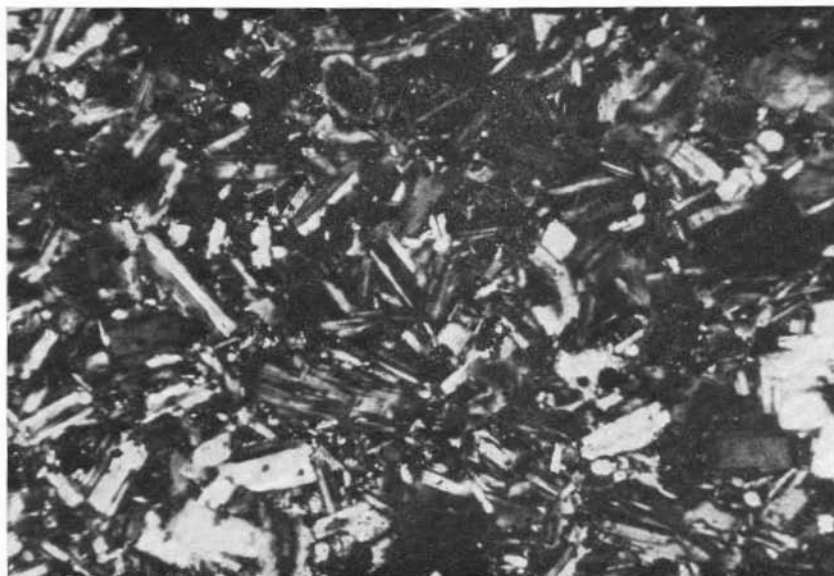


Fig. 3. — Latitandesite porfirica (Serra Vavalaci). Pasta di fondo olocristallina a struttura intersertale. Si rileva l'abbondanza dei microliti idiomorfi di plagioclasio, intimamente associati e searsamente zonati. Nicols inerociati, 80 ingrandimenti.

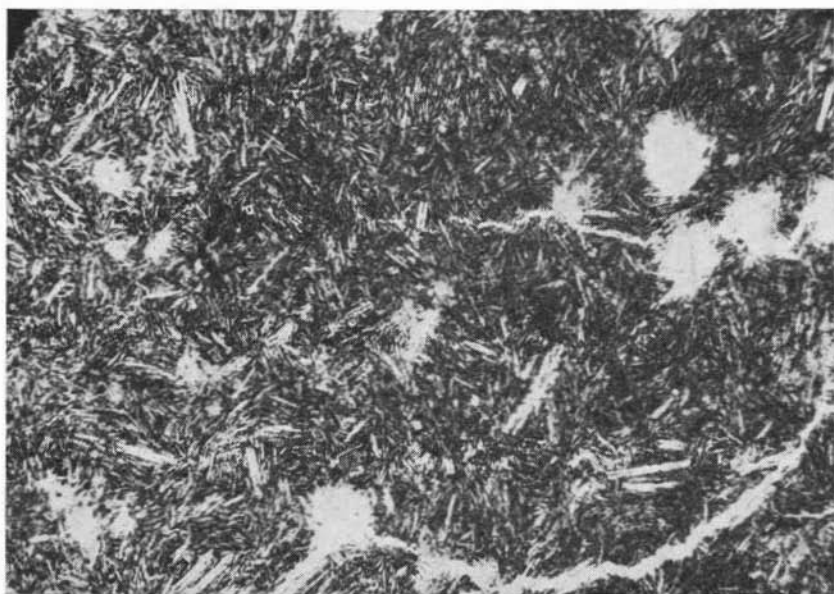


Fig. 4. — Leucolatitandesite (Serra Vavalaci). Lava afanítica a tessitura vacuolare costituita da un aggregato olocristallino di microliti plagioclasici a struttura pilotassitica divergente. Si nota la completa assenza di fenocristalli e la bassa percentuale di minerali feniici. Nicols paralleli, 120 ingrandimenti.

pica struttura fluidale. Non mancano localmente le strutture pilotasitiche divergenti. Molto rari o addirittura assenti sono i microfenocristalli; quando presenti essi sono dati da individui di plagioclasio anch'essi tabulari ed isorientati con la massa di fondo, e da aggregati glomerofirici di pirosseno olivina e magnetite. I minerali femici risultano molto scarsi (I. C. minore di 15); sono dati essenzialmente da microliti di pirosseno e magnetite frammisti ai plagioclasii. E' interessante notare a questo punto che sia i microliti femici quanto gli individui tabulari di plagioclasio risultano immersi in una mesostasi xenomorfa a carattere interstiziale, presumibilmente alcalifeldspatica, a basso indice di rifrazione e debole birifrangenza.

In tabella 1 sono riportati i risultati delle analisi modali eseguite su alcuni campioni di leucolatitandesiti.

#### *Latitandesiti ad anfibolo.*

Le latitandesiti ad anfibolo costituiscono i prodotti eruttivi stratigraficamente più elevati nella serie qui esaminata; gli affioramenti di tali vulcaniti sono situati:

- a Sud della Montagnola (Cratere del 1763) lungo il margine interno della Valle del Bove (quota 2375 m);
- lungo il versante meridionale della Schiena dell'Asino (quote 2330 m e 2240 m);
- presso la Rocca Sabbiosa (quota 2360 m).

L'affioramento a Sud della Montagnola è costituito da sottili colate laviche (potenti circa 50 cm l'una) di colore rossastro i cui fronti sono nettamente tagliati dalla scarpata della Valle del Bove; la giacitura di dette colate è pressoché suborizzontale o leggermente immergente a SW. Le latitandesiti ad anfibolo del versante meridionale della Schiena dell'Asino affiorano come colate laviche immergenti a SSW con pendenza eguale a quella del versante, il che fa supporre la loro provenienza da un centro eruttivo posto all'interno della Valle del Bove.

Mentre gli affioramenti della Montagnola e della Schiena dell'Asino sono chiaramente riconducibili a colate laviche immergenti verso l'esterno della Valle del Bove, le latitandesiti della Rocca Sabbiosa risultano stratigraficamente mal definibili in quanto il loro affioramento è costituito da una fronte lavica emergente dall'abbon-



Fig. 5. — Latitandesite porfirica (Serra dell'Acqua). Fenocrystallo idiomorfo di plagioclasio geminato albite. Si nota la marcata zonatura ritmico-normale e la presenza di numerosi inclusi pecciliteici limitati dai ritmi più esterni. E' evidente un sottile bordo (chiaro) a composizione acida. Nicols incrociati, 80 ingrandimenti.

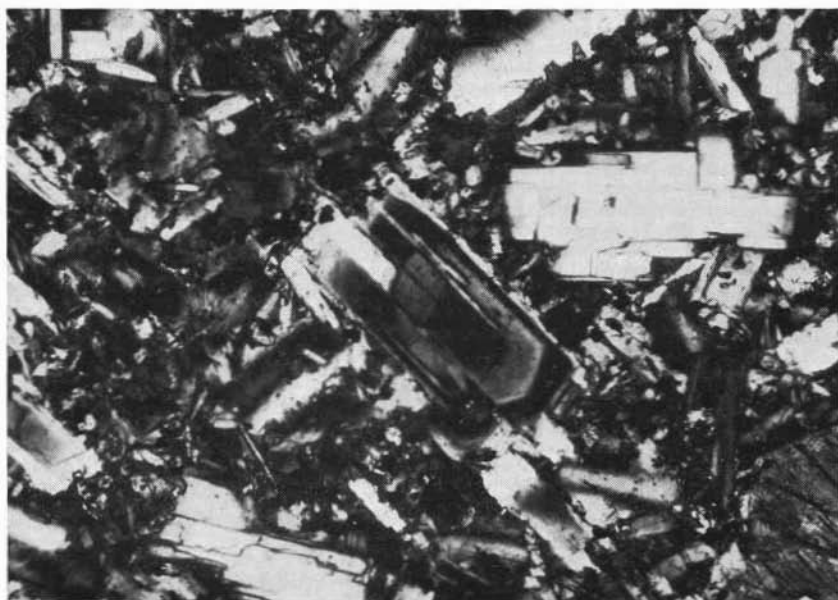


Fig. 6. — Latitandesite porfirica tendente ad alcali-andesite (Serra Vavalaci). Si noti la marcata zonatura ritmico-normale del fenocrystallo plagioclasico al centro della foto e la presenza in esso di un sottile bordo a composizione più acida. In basso a destra si scorge una porzione di un grosso fenocrystallo di pirosseno. La pasta di fondo olocristallina è costituita da microliti di plagioclasio, pirosseno, olivina e magnetite. Nicols incrociati, 120 ingrandimenti.

dante copertura di prodotti piroclastici incoerenti. Le forti analogie petrografiche con le vulcaniti ricordate in precedenza le fanno però ascrivere allo stesso complesso eruttivo.

In base ai caratteri strutturali e tessiturali presentati le rocce in argomento possono essere classificate come *latitandesiti ad anfibolo afanitiche* (margine meridionale della Schiena dell'Asino) e *latitandesiti ad anfibolo porfiriche* (affioramenti della Rocca Sabbiosa ed a Sud della Montagnola).

Le *latitandesiti ad anfibolo afanitiche* sono lave di colore grigio piombo, poco compatte e ad aspetto vacuolare; macroscopicamente si riconoscono rari fenocristalli di anfibolo che raggiungono i 5 mm di lunghezza. Nel complesso queste rocce presentano una netta tessitura afanitica essendo molto scarsi i fenocristalli rappresentati dall'anfibolo sopra ricordato e da qualche raro plagioclasio. La presenza di numerose vescicole allungate e stirate lungo la medesima direzione di movimento, conferisce alle rocce un netto aspetto fluidale.

Microscopicamente sono costituite da un feltro di microcristalli tabulari di plagioclasio isoorientati fra loro in modo da determinare una tipica struttura fluidale. Immersi nella mesostasi microcristallina si riconoscono rari fenocristalli di anfibolo e plagioclasio isoorientati con i microliti. Fini granulazioni di magnetite e cristalli di pirosseno di dimensioni estremamente piccole (spessore talora minore di quello della sezione sottile) si rinvengono associati ai microliti plagioclasici della pasta di fondo, che assume aspetto alquanto torbido.

Le *latitandesiti ad anfibolo porfiriche* macroscopicamente mostrano tessitura leggermente bollosa (affioramento a Sud della Montagnola) o appaiono sostanzialmente compatte (Rocca Sabbiosa). Caratteristica delle prime è la colorazione rossastra con subordinate plaghe più chiare, mentre le seconde presentano solitamente colore grigio più o meno scuro. La presenza di abbondanti e ben evidenti fenocristalli di pirosseno ad abito prismatico tozzo e di plagioclasio tabulare unitamente a rari individui aciculari di anfibolo, immersi nella massa di fondo pressoché afanitica, conferisce loro una netta struttura porfirica.

Al microscopio si rileva la presenza di un'abbondante mesostasi microcristallina essenzialmente costituita da microliti plagioclasici a struttura fluidale talora tendente alla divergente, in cui sono immersi abbondanti e vistosi fenocristalli di pirosseno, plagioclasio, rari individui di olivina e scarsi e minuti fenocristalli di anfibolo.



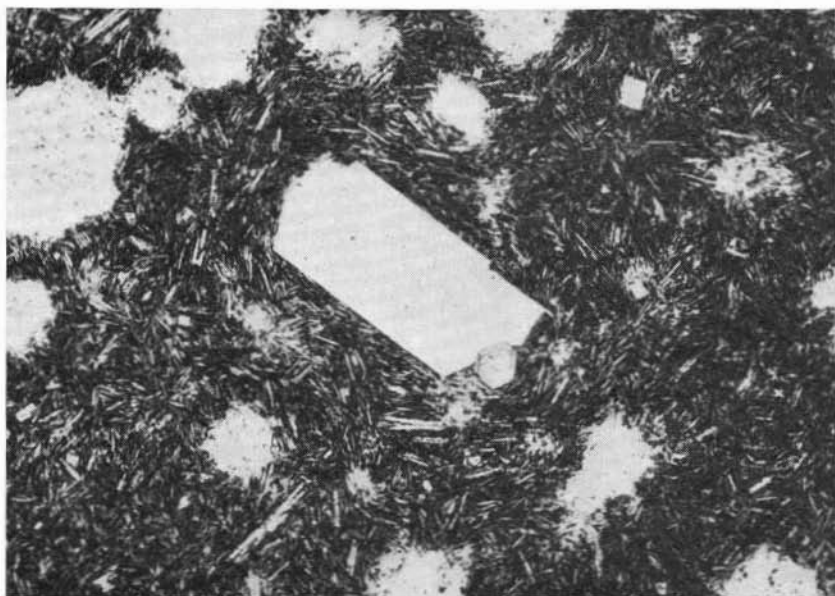


Fig. 7. — Leucolatitandesite (Serra Vavalaci). Lava sostanzialmente afanitica in cui sono presenti rari microfenocristalli di plagioclasio. La foto mette in evidenza la struttura pilotassitica della pasta di fondo e l'orientazione a vortice dei microliti plagioclasici che si trovano nelle immediate vicinanze del microfenocristallo. Si rilevi la presenza di apatite bianca (a sezione esagonale e con forte rilievo) associata al plagioclasio. Nicols paralleli, 120 ingrandimenti.

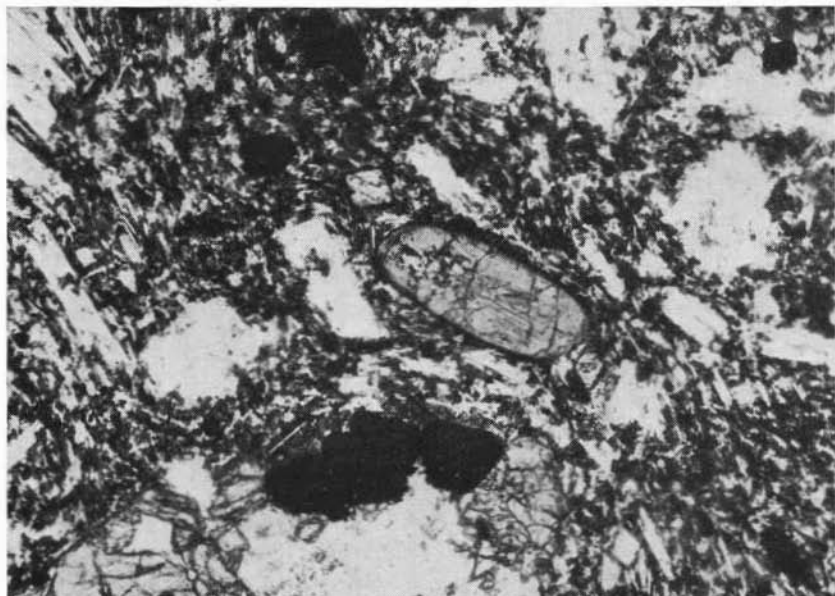


Fig. 8. — Latitandesite ad anfibolo a struttura porfirica (Rocca Sabbiosa). Viene messa in evidenza la presenza di un fenocristallo di apatite bruna piuttosto tozzo e con bordi arrotondati. Si noti inoltre il notevole grado di cristallinità della pasta di fondo. Nicols paralleli, 120 ingrandimenti.

Nelle latitandesiti ad anfibolo della Montagnola la massa di fondo risulta costantemente intorbidata da fini granulazioni probabilmente ematitiche di colore rossastro che quando sono molto fitte (come spesso succede) impediscono l'esatto riconoscimento della natura mineralogica della massa di fondo; quando al contrario esse divengono più rade (plaghe chiare di colore grigio) in base all'alto indice di rifrazione si possono riconoscere nella massa di fondo abbondanti microcristalli di pirosseno. Per quanto riguarda le latitandesiti ad anfibolo della Rocca Sabbiosa si nota nella mesostasi la scomparsa dell'abbondante granulazione ematitica, che viene sostituita da piccoli ed abbondanti cristalli di magnetite e pirosseno. Si osserva inoltre che sia i microliti plagioclasici quanto i microcristalli di pirosseno risultano immersi in una matrice cristallina xenomorfa a bassa rifrangenza e birifrangenza, di probabile composizione alcalifeldspatica.

#### I minerali.

I costituenti mineralogici del complesso di rocce qui preso in considerazione appartengono a poche specie di minerali e presentano notevole costanza di caratteri, sia pure con chiare relazioni fra chimismo complessivo e composizione dei minerali, soprattutto per quanto riguarda i feldspati.

*Plagioclasio.* E' l'unica fase sicuramente riconoscibile al microscopio; esso mostra caratteri strutturali e composizionali alquanto differenti a seconda che si trovi nei termini più o meno acidi del complesso di vulcaniti esaminato. Nelle alcali-andesiti esso è presente sia in abbondanti e ben sviluppati fenocristalli idiomorfi molto zonati, spesso con struttura pecilitica, sia in microcristalli costituenti la massa di fondo olocristallina. Si presenta in individui sempre freschi con abito tabulare appiattito secondo (010) e massimo allungamento parallelamente a  $z$ , è sempre geminato polisinteticamente secondo le leggi dell'albite e albite-karlsbad, raramente del pericline; i fenocristalli sono sempre costituiti da un numero molto alto di lamelle, talora molto sottili, mentre i microliti della massa di fondo mostrano per solito la geminazione di un minor numero di individui (due o tre). Come si è già detto i fenocristalli plagioclasici risultano costantemente zonati; dette zonature sono per solito di tipo tendenzialmente

ritmico-normale con una spiccata tendenza a termini sempre più acidi man mano che si procede dal nucleo verso la periferia. E' da notare che i ritmi più esterni presentano dimensioni più limitate, per cui si ha un nucleo alquanto esteso a composizione pressoché uniforme seguito verso l'esterno da più o meno numerosi involucri a composizione variabile ritmicamente e comunque tendente a valori molto più bassi di An. Per quanto riguarda i microliti si rileva che la zonatura è pressoché assente o comunque di scarsissima entità. Le proprietà ottiche del plagioclasio indicano sempre un carattere strutturale di alta temperatura e composizione media dei nuclei variabile intorno al 66% An A.T.; per le periferie si sono rilevate composizioni aggirantesi sul 52% An A.T. e talora si sono ritrovati involucri esterni con la stessa composizione dei microliti (45% An A.T. in media) <sup>(1)</sup>.

Per quanto riguarda il plagioclasio delle latitandesiti bisogna fare una distinzione a seconda che esso si trovi nei tipi porfirici o nei tipi afanitici. Nei primi esso presenta per i fenocristalli i medesimi caratteri strutturali già visti per il plagioclasio delle alcali-andesiti variando solo per la composizione leggermente più acida (60% An A.T. al nucleo, 48% An A.T. alla periferia); in modo analogo negli individui della massa di fondo si nota la diminuzione del contenuto in An rispetto ai corrispondenti termini delle andesiti alcaline (circa 40% An A.T.).

Nelle latitandesiti a struttura fluidale, i cui caratteri petrografici, come è stato detto in precedenza, hanno una spiccata somiglianza con i termini più acidi (leucolatitandesiti) ad esse associati, si nota che i rari fenocristalli plagioclasici presentano di solito abito molto allungato secondo *z*, non sono pecilitici, sono dati dall'associazione di un minor numero di lamelle di geminazione e presentano zonatura molto netta ma poco estesa, avendosi nuclei molto ampi a composizione pressoché omogenea (48% An A.T.) seguiti da sottili involucri molto più acidi il cui contenuto in An giunge sino al 20%. Nei tipi ora considerati i plagioclasii costituenti la massa di fondo sono estre-

---

<sup>(1)</sup> Le determinazioni sono state eseguite prevalentemente secondo il metodo ed i diagrammi di FRANZINI (1965) su geminati albite-karlsbad, e di RITTMANN (1929) su geminati albite, utilizzando per l'angolo di estinzione  $\alpha \wedge (010) \perp [100]$ , le curve di BURRI, PARKER e WENK (1967). Più raramente si sono usate le curve di KOEHLER (in TROEGER, 1959) e le curve del 2V (SLEMMONS, 1962 e BURRI, PARKER e WENK, 1967).

mamente sottili e di piccole dimensioni, per solito geminati a due individui secondo la legge dell'albite; i loro caratteri ottici peraltro molto mal determinabili li fanno ascrivere a termini oligoclasici con circa il 20% An. E' opportuno rilevare come talora sia possibile notare piccole plaghe xenomorfe con carattere interstiziale a bassa rifrangenza e birifrangenza, probabilmente costituite da feldspato alcalino la cui determinazione ottica risulta impossibile; di esse si dirà in seguito.

Dei plagioclasii presenti nelle leucolatitandesiti si può dire che presentano i medesimi caratteri strutturali di quelli delle latitandesiti afanitiche ed hanno rispetto a questi ultimi una composizione leggermente più acida dei nuclei dei rari fenocristalli (42% An A.T.); si nota inoltre una maggiore diffusione delle plaghe xenomorfe probabilmente alcalifeldspatiche inglobanti i microliti della massa di fondo di quanto visto per le latitandesiti. La composizione media dei fenocristalli delle rocce del Complesso di Vavalaci è stata inoltre indagata per via chimica; l'analisi condotta per determinare le percentuali ponderali degli ossidi alcalini e di calcio è stata eseguita su frazioni pure di feldspati provenienti da una andesite alcalina, da una latitandesite porfirica, da una latitandesite afanitica tendente a leucolatitandesite e da una latitandesite ad anfibolo; si sono ottenuti i seguenti risultati:

Num. Camp.	5	12	13	18 (*)
K <sub>2</sub> O	0.53	0.33	0.35	0.53
Na <sub>2</sub> O	5.35	4.14	6.17	5.65
CaO	10.16	12.68	9.14	9.88

che permettono di calcolare le seguenti percentuali in peso delle tre molecole feldspatiche presenti:

Num. Camp.	5	12	13	18 (*)
Or	3%	2%	2%	3%
Ab	46%	35%	52%	48%
An	51%	63%	46%	49%

(\*) La numerazione dei campioni di plagioclasio analizzati si riferisce a quella dei campioni di provenienza.

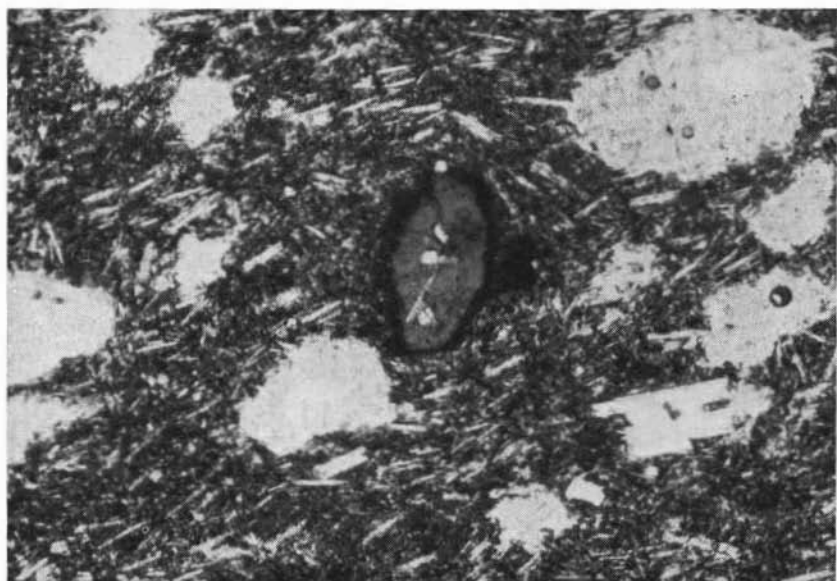


Fig. 9. — Latitandesite ad anfibolo a struttura afanítica (margine meridionale della Schiena dell'Asino). Fenocristallo di kaersutite, con sottile bordo opacitico di reazione, immerso in una pasta di fondo a struttura pilotassitica fluidale. Si noti l'analogia di dimensioni della kaersutite e del vicino microfenocristallo di plagioclasio. Nicols paralleli, 50 ingrandimenti.

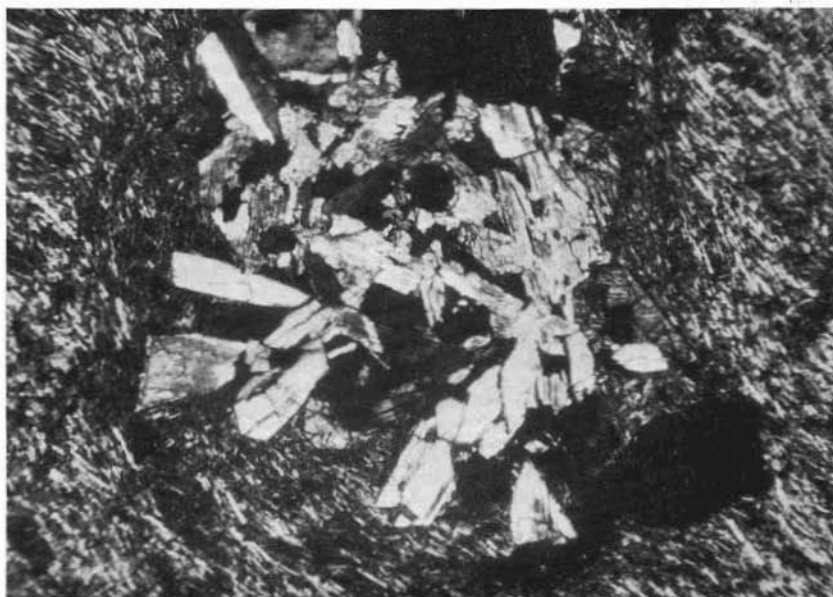


Fig. 10. — Latitandesite afanítica tendente a leucolatitandesite (Serra Vavalaci). Aggregato di pirosseno olivina e plagioclasio immerso in una massa fondamentale a struttura fluidale. Si nota che i microliti plagioclasici della massa di fondo assumono un certo andamento a vortice in prossimità dell'aggregato. Nicols incrociati, 100 ingrandimenti.

I dati ottenuti concordano bene con le osservazioni ottiche e mettono in evidenza un buon parallelismo fra acidità delle rocce (vedi dati chimici), indice di colore e composizione del plagioclasio.

Per quanto riguarda la composizione della massa di fondo microcristallina, componente essenziale delle leucolatitandesiti e delle latitandesiti afanitiche e costituente parte notevole delle alcali-andesiti e latitandesiti porfiriche, sono state eseguite determinazioni diffrattometriche. Essendo impossibile la separazione della componente feldspatica dalla massa di fondo le determinazioni sono state eseguite sulla polvere totale; non si sono pertanto potute ottenere indicazioni utili sul contenuto in An dei plagioclasii, mentre al contrario è stata possibile la stima approssimativa del contenuto in Or, nonché il riconoscimento sicuro dell'esistenza di una fase feldspatica alcalina. Ciò consente di definire come alcalifeldspati i minerali leucocrati costituenti le plaghe xenomorfe a carattere interstiziale di cui si è detto nella descrizione petrografica e di ritenere sicuramente presente detta fase anche quando non risulta direttamente osservabile al microscopio in quanto confinata nella pasta di fondo non risolvibile otticamente. La determinazione del contenuto in Or delle fasi feldspatiche è stata eseguita utilizzando la posizione del riflesso ( $20\bar{1}$ ) secondo le tecniche già descritte in un precedente lavoro (CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969).

Nell'annessa tabella 2 sono riportate, per le due fasi feldspatiche, le relative posizioni angolari dei riflessi ( $20\bar{1}$ ) unitamente alla distanza interplanare  $d_{(20\bar{1})}$  ed il contenuto in Or; da essa si può rilevare come il contenuto in Or della fase plagioclasica risulti molto basso e comunque minore del 6%, mentre per la fase alcalina detto contenuto oscilla da un valore minimo del 20% Or sino al massimo del 60% Or, indicando la presenza di fasi anortoclasiche più o meno potassiche e di fasi sanidiche povere in potassio.

*Pirosso.* E' il minerale femico più abbondante; esso è presente sia fra i fenocristalli che fra i microliti.

Nelle alcali-andesiti e nelle latitandesiti porfiriche i fenocristalli sono spesso idiomorfi e geminati secondo (100), non formano di solito aggregati con altri fenocristalli, sia femici che sialici, ed includono pecciliticamente magnetite, olvina e più raramente plagioclasio. Presentano pleocroismo nullo, colore bruno chiaro nelle andesiti e leggere sfumature verdoline nelle latitandesiti. I caratteri ottici osser-

TABELLA 2.

*Contenuto in Or nel feldspato alcalino e nei plagioclasti delle rocce studiate, dedotta dalla misura di  $d_{(201)}$ .*

(CARMICHEL e MACKENZIE, 1964) (\*)

	$2\theta(20\bar{1})$	$d_{(20\bar{1})}$	Or Or+Ab+An	$2\theta(20\bar{1})$	$d_{(20\bar{1})}$	Or Or+Ab+An
1	21.64	4.1065	35%	22.00	4.0400	2%
2	21.62	4.1100	37%	21.99	4.0420	2%
3	21.64	4.1065	35%	21.92	4.0550	6%
4	21.70	4.0950	31%	21.98	4.0435	3%
5	21.68	4.0990	31%	22.00	4.0400	2%
6	21.67	4.1010	32%	22.01	4.0380	1%
7	21.70	4.0950	31%	22.02	4.0360	1%
8	21.69	4.0980	30%	22.00	4.0400	2%
9	21.68	4.0990	31%	21.99	4.0420	2%
10	21.69	4.0980	30%	22.01	4.0380	1%
11	21.73	4.0900	22%	22.02	4.0360	1%
12	21.38	4.1555	55%	22.01	4.0380	1%
13	21.47	4.1370	47%	21.92	4.0550	6%
14	21.32	4.1680	60%	21.92	4.0550	6%
15	21.70	4.0950	31%	22.01	4.0380	1%
16	21.68	4.0990	31%	21.92	4.0550	6%
17	21.79	4.0780	20%	22.00	4.0400	2%
18	21.68	4.0990	31%	21.99	4.0420	2%
19	21.62	4.1100	37%	21.99	4.0420	2%

(\*) I diffrattogrammi sono stati eseguiti con goniometro orizzontale Siemens alle seguenti condizioni: velocità del goniometro  $1/4$   $2\theta$  per min., velocità di scorrimento della carta 0,5 cm/min.

vati ( $c\hat{\gamma} = 42^\circ$ ,  $2V_\gamma = 54^\circ-56^\circ$ ) indicano trattarsi di termini augitici (TROEGER, 1959) a tendenza salitica e scarso contenuto in ferro. Nelle leucolatitandesiti e nelle latitandesiti afanitiche si nota che i rari fenoeristalli di pirosseno sono scarsamente pecciliteici, tendono a dare aggregati glomerofirici con olivina e magnetite e presentano costantemente colore bruno chiaro con sfumature verdoline e pleocroismo appena accennato. I valori dell'angolo di estinzione  $c\hat{\gamma}$  e degli assi ottici  $2V_\gamma$ , variabili negli stessi intervalli sopra visti per i pirosseni delle alcali-andesiti e latitandesiti porfiriche, li fanno analogamente riferire a termini augitici a tendenza salitica.

TABELLA 3.

*Distanze interplanari ed indici dei piani reticolari riflettenti di tre pirosseni del Complesso di Vavalaci. (\*)*

5	6	12	h k l	
$d_{hkl}$	$d_{hkl}$	$d_{hkl}$		
	4.455		0	2 0
	3.326	3.314	0	2 1
3.217	3.212	3.200	2	2 0
2.9690	2.9881	2.9635	2	2 $\bar{1}$
2.9255	2.9273	2.9161	3	1 0
2.8830	2.8775	2.8676	3	1 $\bar{1}$
2.5435	2.5441		1	3 $\bar{1}$
	2.5165		2	0 $\bar{2}$
2.5160		2.5057	2	2 1
2.2870	2.2868	2.2808	3	1 1
2.2002	2.2029	2.1957	2	2 $\bar{2}$
2.1370	2.1362		3	3 0
2.1225	2.1217		3	3 $\bar{1}$
2.1005	2.0989	2.1105	4	2 $\bar{1}$
2.0340	2.0316	2.0209	0	4 1
1.9984	2.0107	1.9946	2	4 0
1.9662	1.9664	1.9607	1	3 $\bar{2}$
	1.8500	1.8430	3	3 1
1.8250	1.8271	1.8200	4	2 $\bar{2}$
1.8092		1.8200	3	3 $\bar{2}$
1.7454	1.7442	1.7380	1	5 0
1.6650		1.6567	2	4 $\bar{2}$
1.6218	1.6226	1.6166	4	4 $\bar{1}$
1.6096	1.6101	1.6066	2	2 $\bar{3}$
1.5820			5	3 $\bar{1}$
			4	4 0
			5	3 0

(\*) La numerazione dei pirosseni esaminati si riferisce a quella dei campioni di provenienza.



*(segue tab. 3)*

5	6	12	h k l	
$d_{hkl}$	$d_{hkl}$	$d_{hkl}$		
1.5568	1.5568	1.5516	6 0 0	1 1 3
1.5452	1.5426	1.5390	3 5 0	
1.5275	1.5273		$6 0 \bar{2}$	
1.5155	1.5177	1.5135	4 0 2	
1.5033	1.5049		$5 3 \bar{2}$	
1.4839	1.4843		2 4 2	0 6 0
1.4156	1.4177	1.4133	5 3 1	2 6 0
	1.3890	1.3845	$2 6 \bar{1}$	
1.3740		1.3694	$7 1 \bar{1}$	
1.3293	1.3295	1.3403	$7 1 \bar{2}$	2 6 1
1.3201	1.3214	1.3155	7 1 0	$5 3 \bar{3}$ 6 2 1
1.2894	1.2899	1.2857	$4 4 \bar{3}$	5 5 0
1.2785		1.2738	$2 6 \bar{2}$	
1.2629	1.2629	1.2584	$4 0 \bar{4}$	$4 6 \bar{1}$
1.2446	1.2444	1.2393	$1 5 \bar{3}$	
	1.2122		3 3 3	
1.1690	1.1693		4 6 1	6 4 1 $8 2 \bar{1}$
		1.1658	8 0 0	
1.1505	1.1497		$8 2 \bar{2}$	
		1.1468	$1 7 \bar{2}$	

Per precisare meglio i caratteri composizionali dei pirosseni presenti nei vari tipi petrografici sono stati analizzati quelli di una andesite alcalina, di una latitandesite tendente ad alcaliandesite e di una latitandesite (campioni 12, 6, 5 rispettivamente) eseguendo su frazioni pure <sup>(2)</sup> (ottenute con liquidi pesanti e con il separatore isodi-

<sup>(2)</sup> Le impurezze di olivina e magnetite dovute ad inclusi pecciliteici sono state eliminate macinando finemente il pirosseno e sottoponendolo successivamente a bollitura lenta e prolungata in HCl al 10%. Prove in bianco, fatte separatamente su pirosseno puro, hanno dimostrato che il minerale non viene attaccato con tale trattamento.

namico Frantz), l'esame diffrattometrico con camera Debye e l'analisi chimica.

In tabella 3 sono riportati i valori delle distanze interplanari e gli indici dei piani reticolari riflettenti per i tre pirosseni esaminati; l'elaborazione di tali dati con il metodo dei minimi quadrati ha consentito di ricavare i valori delle costanti reticolari di seguito riportati.

TABELLA 4.

*Valori delle costanti reticolari di tre pirosseni  
del Complesso di Vavalaci (camp. 12, 6, 5).*

Num. Camp.	12	6	5
$a_0$	9.704	9.705	9.712
$b_0$	8.908	8.888	8.891
$c_0$	5.217	5.244	5.240
$\beta$	106°28'	105°39'	105°54'
$a_0 \text{ sen } \beta$	9.307	9.345	9.341

Si nota che, proiettando nel diagramma di BROWN (1960) le coppie di valori  $a_0 \text{ sen } \beta$  e  $b_0$  relative ai pirosseni esaminati, solo quella relativa al pirosseno proveniente dal campione 12 vi si inserisce indicando la seguente composizione chimica molecolare:  $W_o = 35\%$ ,  $En = 54\%$ ,  $Fs = 11\%$ ; per i restanti due pirosseni esaminati si ha invece che i rispettivi punti rappresentativi cadono al di fuori del diaframma in prossimità del punto rappresentativo del diopside sul lato Mg-CaMg. Questo fatto è da mettere in relazione con il contenuto in  $Fe^{III}$  ed  $Al^{VI}$  vicarianti del Mg ed  $Fe^{II}$ ; dall'esame della formula cristallografica dei tre pirosseni esaminati, riportata assieme alle percentuali ponderali degli ossidi ed alla loro rielaborazione sulla base di 6 atomi di ossigeno in tabella 5, si può infatti notare che tutti i pirosseni esaminati contengono  $Fe^{III}$  ed Al in coordinazione ottaedrica al posto di Mg e  $Fe^{II}$ ; ciò comporta, come indicato da COLEMAN (1962) e da LEWIS (1967), una certa diminuzione del valore delle costanti reticolari  $a_0$ ,  $b_0$  e  $\beta$ . Nel caso in esame essendo il contenuto in  $Fe^{III}$  all'incirca costante, il che comporta una eguale diminuzione delle co-

stanti sopra ricordate, dette variazioni possono essere direttamente correlate con il contenuto in Al esacoordinato. Per quanto riguarda i tre pirosseni qui considerati si nota inoltre che, qualora vengano applicati i diagrammi di variazione proposti da COLEMAN (1962), i fattori correttivi ricavati portano i valori delle costanti reticolari molto vicino a quelli teorici ricavati proiettando nel diagramma di BROWN (1960) i punti rappresentativi della loro composizione chimica.

TABELLA 5.

*Dati chimici di tre pirosseni del Complesso di Vavalaci. (\*)*

	5	6	12		5	6	12
SiO <sub>2</sub>	51.13	51.73	50.88	Si	1.90	1.90	1.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.72	4.32	3.44	Al <sup>IV</sup>	0.10	0.10	0.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.11	2.94	3.06	Al <sup>VI</sup>	0.06	0.09	0.04
FeO	4.96	4.53	5.28	Fe <sup>III</sup>	0.09	0.08	0.09
MnO	0.26	0.25	0.16	Fe <sup>II</sup>	0.15	0.14	0.17
MgO	13.41	13.35	13.14	Mn	0.01	0.01	0.00
CaO	21.13	21.21	21.20	Mg	0.74	0.73	0.73
Na <sub>2</sub> O	0.91	0.91	0.83	Ti	0.03	0.03	0.05
TiO <sub>2</sub>	1.06	1.14	1.63	Ca	0.84	0.84	0.84
Tot.	99.69	100.38	99.62	Na	0.06	0.06	0.06
				Wo	48.5	49.1	48.3
				En	42.8	42.7	41.9
				Fs	8.7	8.2	9.8

(\*) La numerazione dei pirosseni analizzati si riferisce a quella dei campioni da cui provengono.

Dall'insieme dei caratteri fisici, chimici e strutturali dei pirosseni delle lave del Complesso di Vavalaci si può quindi concludere che essi, pur appartenendo a tipi petrografici alquanto diversi, mostrano una certa omogeneità di caratteri chimici e strutturali fatta eccezione per un lievemente differente contenuto in Al esacoordinato.

*Anfibolo.* Si rinviene esclusivamente come fenocristalli nelle latitandesiti anfiboliche; mostra abito idiomorfo ed è costantemente circondato da sottili bordi opacitici di reazione, presenta colore bruno rossastro molto intenso con marcato pleocroismo secondo il seguente schema:

$\alpha$  = giallo paglierino;  $\beta \approx \gamma$  = bruno rossastro-marrone bruciato.

I suoi caratteri ottici, le costanti reticolari ed i risultati dell'analisi chimica sono riportati nell'annessa tabella 6.

TABELLA 6.

*Dati chimici e caratteri fisico-cristallografici dell'anfibolo.*

SiO <sub>2</sub>	41.37	Si	6.15	$a_0$	= 9.84 Å
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.21	Al <sup>IV</sup>	1.85	$b_0$	= 18.13 Å
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.55	Al <sup>VI</sup>	0.28	$c_0$	= 5.29 Å
FeO	4.51	Fe <sup>III</sup>	0.73	$\beta$	= 104°39'
MnO	0.20	Fe <sup>II</sup>	0.56	$a_0 \text{ sen } \beta$	= 9.52
MgO	13.55	Mn	0.03	$2V \alpha$	= 76°-78°
CaO	13.83	Mg	3.00	$c \wedge \gamma$	= 1°-2°
Na <sub>2</sub> O	2.13	Ti	0.47	$n \beta$	= 1.694
K <sub>2</sub> O	0.66	Ca	2.20	$n \gamma - n \alpha$	= 0.025
TiO <sub>2</sub>	4.20	Na	0.62		
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.61	K	0.12		
		OH	0.61		

L'esame dei caratteri sopra esposti indica (WILKINSON, 1961) per l'anfibolo considerato una composizione tipo kaersutite povera di titanio e parzialmente ossidata (CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, in corso di stampa).

*Olivina.* E' presente nelle rocce studiate in varia percentuale sia in fenocristalli che in microliti. In generale si nota la sua graduale diminuzione parallelamente all'abbassarsi dell'indice di colore delle rocce, sino a totale assenza in alcune latitandesiti afanitiche (camp. 13, 16, 17, 18); i fenocristalli di olivina presenti nel campione 14 corrispondente ad una leucolatitandesite normativamente soprasatura vanno considerati come xenocristalli. L'olivina risulta di composizione all'incirca costante in tutti i tipi petrografici esaminati ed è riferibile a termini crisolitici talora con tendenza ialosideritica ( $2V_\alpha = 80^\circ-88^\circ$ ). Si presenta quasi sempre in cristalli tondeggianti, raramente in individui allungati e talora include peccilicamente magnetite. Di solito molto fresca, qualche volta presenta sottili orli o venature costituite da prodotti di trasformazione di tipo iddingsitico semimitrasparenti e con elevata birifrangenza mostrandoti colore rosso brunastro o rosso giallino.

*Magnetite ed ematite.* La *magnetite* sembra essere l'unico minerale opaco primario presente. Si rinviene sia sotto forma di piccole granulazioni disperse nella massa di fondo che in fenocristalli, spesso associati alle altre fasi femiche.

Nei campioni fortemente ossidati si rinvengono nella massa di fondo minute lamelle di *ematite* di colore rosso più o meno intenso.

*Apatite.* Tra gli accessori è particolarmente notevole la presenza di *apatite*, che si presenta in due varietà: una incolore e priva di inclusioni, l'altra colorata in toni bruni, leggermente pleocroica e ricca di inclusioni disposte parallelamente alle superfici di accrescimento del minerale stesso. E' da notare che l'*apatite* incolore si rinviene di solito in sottili aghetti diffusi nella pasta di fondo in tutti i tipi petrografici qui considerati, mentre l'*apatite* colorata si rinviene costantemente in fenocristalli spesso associati ai femici nelle rocce di tipo più alcalino e con caratteri identici a quelli già descritti da KLERKX (1966, 1968) e CRISTOFOLINI e LO GIUDICE (1969).

### Considerazioni petrochimiche.

In tabella 7 sono riportate le analisi chimiche di 11 campioni di lave del Complesso di Vavalaci, scelte in modo da rappresentare tutti i tipi petrografici affioranti e già descritti nelle pagine precedenti<sup>(3)</sup>.

In tabella 8 sono riportati i coefficienti magmatici di NIGGLI ricavati dalle analisi, nonché i parametri  $\pi$  e  $\gamma$  ed i valori Q, L, M calcolati sulla base di detti coefficienti (BURRI, 1959). Dall'esame di dette tabelle risulta che le rocce esaminate comprendono tipi da iposilicici a mesosilicici, hanno un contenuto in SiO<sub>2</sub> ampiamente variabile (da circa 48% sino a circa 62%) e sono per lo più sottosature, raramente soprasature (camp. 13 e 14). Esse possono essere interpretate come prodotti variamente differenziati a partire da termini alcali-andesitici (camp. 12) sino a termini leucolatitandesitici (camp. 14) complessivamente isofali e c-normali evolventi da tipi poveri in alcali (camp. 12) a tipi ricchi in alcali (camp. 13, 14, 16, 17, 18) attraverso termini mediamente ricchi in alcali (camp. 1, 4, 5, 6, 9). L'ampia variabilità dei caratteri petrochimici delle rocce analizzate è ulteriormente messa

(<sup>3</sup>) Le determinazioni sono state eseguite secondo WEIBEL (1961 a, 1961 b) tranne per gli alcali determinati secondo SHAPIRO e BRANNOCK (1962).

TABELLA 7.  
*Percentuali ponderali degli ossidi.*

	1	4	5	6	9 (*)	12	13	14 (*)	16 (*)	17	18
SiO <sub>2</sub>	50.68	54.55	53.70	51.63	51.12	48.10	60.76	62.50	56.01	56.70	56.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.24	18.48	17.74	18.86	19.37	18.15	15.47	16.42	17.71	17.40	17.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.39	5.36	4.98	2.56	3.99	4.00	2.16	2.11	1.87	3.90	2.55
FeO	2.99	2.73	2.87	5.10	4.44	7.04	3.81	2.87	5.09	2.87	3.59
MnO	0.16	0.16	0.12	0.12	0.16	0.15	0.15	0.21	0.17	0.19	0.19
MgO	4.13	3.06	3.75	4.57	3.64	4.87	2.19	1.49	2.72	2.35	2.81
CaO	8.57	6.87	7.23	7.98	8.24	9.95	3.81	3.11	4.80	5.13	5.00
Na <sub>2</sub> O	4.67	5.25	5.07	4.75	4.75	4.06	5.82	6.01	6.12	5.96	5.87
K <sub>2</sub> O	1.82	2.32	2.28	1.86	2.03	1.48	3.23	3.17	2.78	2.77	2.90
TiO <sub>2</sub>	1.63	1.01	1.25	1.36	1.34	1.37	1.48	1.22	1.62	1.61	1.65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.86	0.62	0.59	0.60	0.65	0.56	0.52	0.41	0.68	0.69	0.68
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.02	0.10	0.57	0.62	0.47	0.17	0.52	0.50	0.57	0.46	1.23
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.12	0.06	0.14	0.06	0.02	0.15	0.19	0.13	0.14	0.13	0.23
Totale	100.28	100.57	100.29	100.13	100.22	100.05	100.11	100.15	100.28	100.16	100.03

(\*) Analisi già edite in CRISTOFOLINI e LO GIUDICE (1969).

TABELLA 8.  
Coefficients magmatici di NIGGLI e Q L M.

	1	4	5	6	9	12	13	14	16	17	18
<i>si</i>	129.1	152.6	147.8	134.1	133.4	113.1	208.2	229.8	168.8	175.8	174.9
<i>al</i>	27.4	30.4	28.8	28.8	29.8	25.1	31.3	35.6	31.5	31.7	31.2
<i>fm</i>	34.7	30.6	32.5	33.8	32.0	38.3	28.2	23.4	29.7	27.9	28.8
<i>c</i>	23.4	20.5	21.2	22.3	23.0	25.1	14.0	12.1	15.6	17.1	16.6
<i>alk</i>	14.5	18.5	17.5	15.1	15.2	11.5	26.5	28.9	23.2	23.3	23.4
<i>ti</i>	3.1	2.2	2.5	2.7	2.7	2.4	3.9	3.3	3.6	6.2	3.7
<i>p</i>	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	0.7	0.9	0.9	0.9
<i>k</i>	0.20	0.23	0.23	0.21	0.22	0.20	0.27	0.26	0.23	0.23	0.25
<i>mg</i>	0.45	0.41	0.47	0.52	0.44	0.45	0.40	0.35	0.41	0.39	0.45
<i>c/fm</i>	0.67	0.67	0.65	0.66	0.72	0.66	0.50	0.52	0.53	0.61	0.58
<i>w</i>	0.65	0.63	0.61	0.31	0.44	0.33	0.18	0.38	0.25	0.53	0.46
<i>qz</i>	-29.1	-21.4	-22.3	-26.3	-27.5	-32.6	+2.1	+14.1	-23.9	-17.3	-18.5
$\pi$	0.31	0.24	0.24	0.31	0.32	0.37	0.08	0.10	0.15	0.15	0.14
$\gamma$	0.18	0.18	0.20	0.17	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20	0.18	0.17
Q	28.5	31.8	31.1	29.7	29.7	26.2	37.0	39.9	32.2	33.1	33.1
L	45.6	48.1	46.6	46.7	48.5	43.3	46.7	49.1	50.7	48.7	48.8
M	25.9	20.1	22.3	23.6	21.8	30.5	16.3	11.0	17.1	18.2	18.1

in evidenza nel diagramma di variazione di figura 11 in cui sono stati inoltre riportati i punti rappresentativi dei tre pirosseni e della kaersutite analizzati. Detto diagramma mostra che le curve di variazione dei parametri magmatici di NIGGLI relativi ai campioni analizzati non si correlano né con i punti rappresentativi dei pirosseni né con quello della kaersutite; questo fatto indica che la differenziazione non è legata esclusivamente a sottrazione di fasi femiche pirosseniche o kaersutitiche (KLERKX, 1968); sulle modalità della differenziazione si dirà in seguito. Si nota che la somma degli ossidi alcalini va in media regolarmente aumentando al crescere del contenuto in  $\text{SiO}_2$  e che detto aumento è più sensibile per il potassio che per il sodio come è

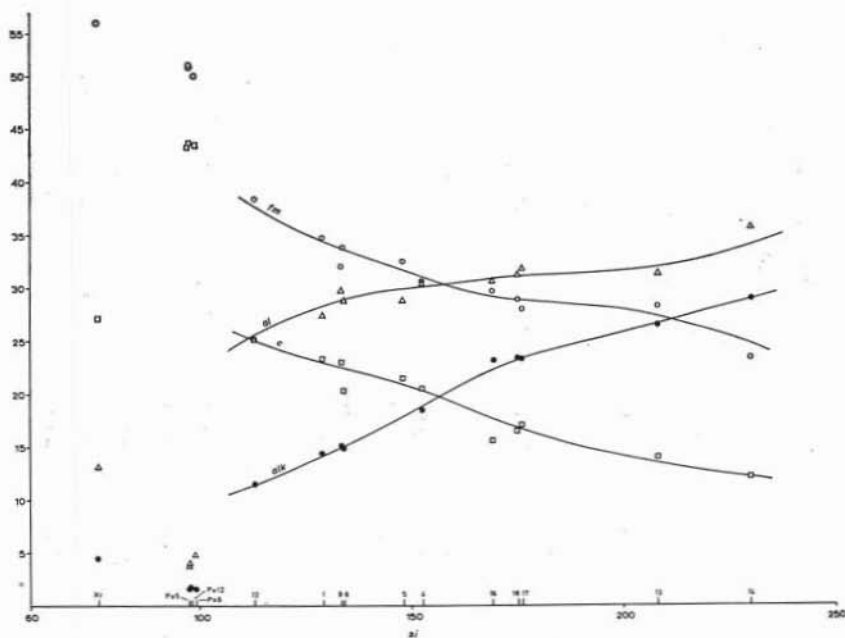


Fig. 11. — Diagramma di variazione dei coefficienti magmatici di NIGGLI. Sono stati riportati oltre ai punti rappresentativi dei campioni anche quelli dei tre pirosseni e della kaersutite analizzati. Il diagramma mette in evidenza l'ampia variabilità dei caratteri petrochimici delle rocce studiate e che le curve di variazione non si raccordano con i punti rappresentativi dei pirosseni e della kaersutite escludendo quindi che le variazioni riscontrate nelle lave del Complesso di Vavalaci si siano prodotte per differenziazione gravitativa legata esclusivamente alla sottrazione di una di queste fasi femiche.



possibile rilevare dai valori del parametro  $k$  di NIGGLI e dall'andamento mediamente parallelo delle curve di variazione degli ossidi alcalini nella figura 12. In questa sono inoltre state riportate le curve di variazione degli ossidi alcalini relative alle lave di Hawaii; si nota che le curve relative al Complesso di Vavalaci seguono un andamento parallelo a quello delle lave alcaline hawaiane, tranne che per i prodotti più differenziati in cui l'aumento degli alcali è più sensibile per le lave hawaiane che per quelle del Complesso di Vavalaci. Questo fatto trova riscontro nella tendenza alla soprassaturazione mostrata dalle lave etnee rispetto alle lave hawaiane che restano costantemente sottosature anche per elevati valori di  $\text{SiO}_2$ . Si può rilevare inoltre una buona correlazione fra l'indice di colore misurato modalmente ed il grado di acidità delle rocce ed il parametro  $fm$  di NIGGLI ed inoltre,

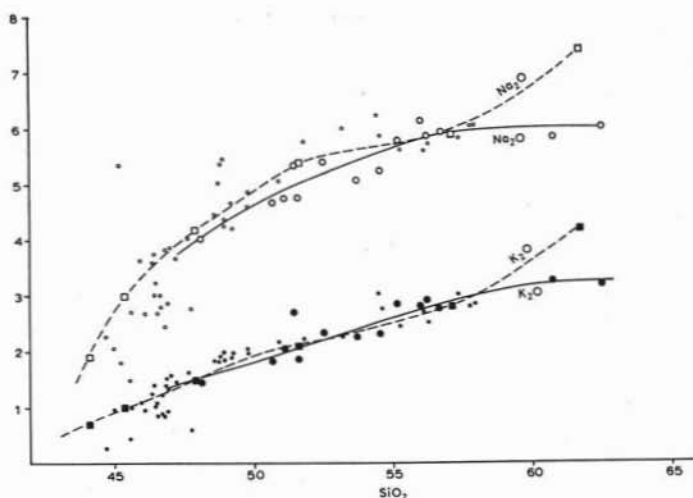


Fig. 12. — Diagramma di variazione  $\text{SiO}_2/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ . Vengono riportati oltre ai punti rappresentativi delle lave analizzate del Complesso di Vavalaci ( $\circ$ ,  $\bullet$ ), quelli delle medie di rocce di serie alcalina di Hawaii (MACDONALD e KATSURA, 1964) ( $\square$ ,  $\blacksquare$ ) e di alcune lave alcaline hawaiane ( $\circ$ ,  $\bullet$ ) (MACDONALD, 1969). Si nota come le due curve di variazione relative alle lave del Complesso di Vavalaci e a quelle di Hawaii pressoché coincidono tranne per i prodotti più differenziati in senso acido; questo fatto è da mettere in relazione con la tendenza alla soprassaturazione mostrata dalle lave del Complesso di Vavalaci rispetto a quelle hawaiane che restano sottosature anche per alti valori di  $\text{SiO}_2$ .

TABELLA 9.  
Norme molecolari.

	1	4	5	6	9	12	13	14	16	17	18
Q	—	—	—	—	—	—	4.74	7.13	—	0.64	—
Or	10.72	13.56	13.42	10.92	11.94	8.77	19.04	18.63	16.26	16.27	17.14
Ab	39.47	46.64	45.35	37.95	37.20	26.65	52.13	53.68	51.78	53.21	52.73
An	23.38	19.81	18.86	24.51	25.45	27.01	6.54	8.43	12.52	12.48	11.84
Ne	1.40	—	—	2.67	3.16	5.94	—	—	1.56	—	—
Di	10.72	7.92	10.43	8.75	8.83	15.05	7.14	3.40	5.31	6.67	6.82
En	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.12	—
Hy	—	3.53	1.01	—	—	—	5.02	3.99	—	—	1.88
Fo	4.50	0.65	3.07	6.97	4.85	6.29	—	—	4.34	—	2.60
Fa	—	—	—	2.44	1.20	3.02	—	—	2.65	—	0.60
Hm	1.84	0.66	0.58	—	—	—	—	—	—	0.21	—
Mt	3.91	4.56	4.32	2.66	4.15	4.19	2.25	2.20	1.94	3.73	2.67
Il	2.26	1.39	1.73	1.88	1.86	1.91	2.06	1.69	2.23	2.23	2.30
Ap	1.80	1.28	1.23	1.25	1.36	1.17	1.09	0.85	1.41	1.44	1.42

TABELLA 10.

## Associazione Mineralogica Stabile secondo RITTMANN (in preparazione).

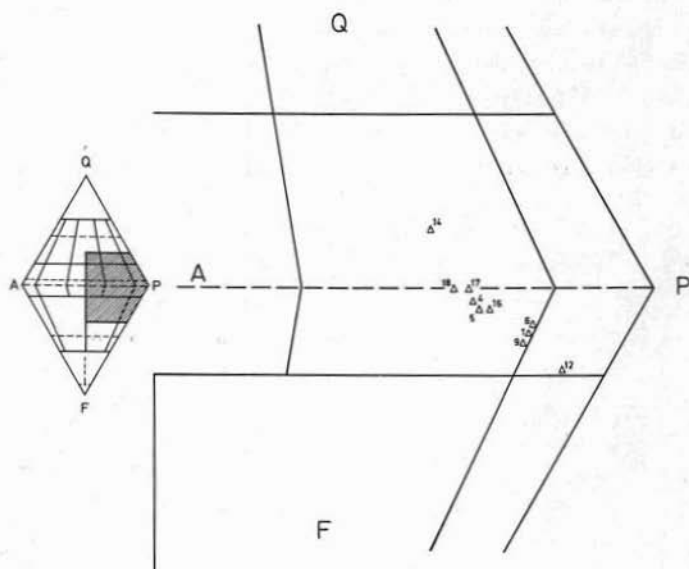
	1	4	5	6	9	12	13	14	16	17	18
Qz	—	—	—	—	—	—	4.38	6.08	—	—	—
San	7.56	14.38	13.01	7.94	7.81	3.35	79.86(*)	17.00	12.91	15.68	16.93
Pl	64.29	66.26	64.40	67.52	66.44	59.96		64.85	69.18	67.70	67.61
Ne	3.80	1.14	1.54	3.00	4.85	6.36	—	—	2.08	—	—
Au	12.15	9.06	11.46	9.92	10.13	17.07	12.87	9.42	6.62	9.69	7.27
Ol	7.37	5.69	6.07	7.84	6.74	8.71	—	—	5.34	2.25	4.48
Mt <sup>e</sup>	1.51	1.33	1.25	1.21	1.41	2.00	0.86	0.73	1.13	0.80	0.87
Il	1.56	1.00	1.11	1.41	1.41	1.35	1.04	1.14	1.51	2.43	1.42
Ap	1.76	1.14	1.16	1.16	0.21	1.20	0.99	0.78	1.23	1.45	1.42
% An nel Pl	35	29	28	35	38	42	(*)	12	18	17	20
% Or nel San	58	55	55	58	59	62	(*)	40	45	43	43
Q	—	—	—	—	—	—	5.20	6.92	—	—	—
A	9.99	17.58	16.48	10.12	9.87	4.81	94.80(*)	19.33	15.34	18.81	20.00
P	84.98	81.02	81.57	86.06	84.00	86.06		73.75	82.19	81.19	80.00
F	5.03	1.40	1.95	3.82	6.13	9.13	—	—	2.47	—	—

(\*) Il calcolo della A.M.S. indica per il campione 13 la presenza di una sola fase feldspatica alcalina corrispondente ad un Anortoclasio con la seguente composizione Or = 24.96%, Ab = 67.59%, An = 7.45%. La percentuale in volume di detta fase feldspatica alcalina viene qui riportata come corrispondente alla somma del Sanidino e del Plagioclasio, entrambi sicuramente presenti modalmente (vedi dati diffrattometrici).

in accordo con le osservazioni microscopiche, un grado di ossidazione  $w$  alquanto elevato in quei campioni che all'esame in sezione sottile rivelano la presenza di sottili lamelle ematitiche.

Nelle tabelle 9 e 10 sono riportati i risultati ottenuti con l'elaborazione dei dati chimici secondo i metodi di calcolo della norma molecolare e l'Associazione Mineralogica Stabile di RITTMANN (in preparazione); si può notare che si sono ottenuti risultati fra loro grossomodo concordanti e che mettono comunque in evidenza la presenza nei termini più acidi di notevoli quantità di feldspato alcalino e nei termini più basici di nefelina normativi il che giustifica pienamente la denominazione di latitandesiti ed alcali-andesiti (sec. STRECKEISEN, 1967) ad essi attribuita. Si nota inoltre la buona corrispondenza fra la somma dei feldspati alcalini, del plagioclasio, della nefelina e del quarzo normativi con la percentuale del plagioclasio misurata modalmente. Il confronto fra i dati ottenuti sui feldspati con i metodi roentgenografici (vedi pag. 709) e quelli ottenuti con il calcolo petrochimico secondo RITTMANN mette in evidenza un certo disaccordo per quanto riguarda il contenuto in Or nella fase alcalina; mentre per via diffrattometrica infatti si è quasi costantemente individuato un feldspato alcalino a relativamente basso contenuto in Or il calcolo petrochimico indica quasi sempre la presenza di una fase sanidinica a contenuto in Or costantemente più elevato (Or variabile da 40% a 62%). Questa contraddizione è da mettere in relazione sia con lo svilupparsi di disequilibri naturali durante la cristallizzazione delle lave (contrasto di composizione tra feldspati in fenocristalli e feldspati del fondo), sia con la possibile molteplicità di equilibri di cristallizzazione naturali, contrapposti alla ipotesi, inevitabilmente rigida, di cristallizzazione secondo *un* equilibrio chimico-fisico assunta nel calcolo di RITTMANN, che peraltro ha il grande merito di offrire una convenzione, uniforme per tutti e la più vicina ai casi più comuni di cristallizzazione all'equilibrio. In particolare la composizione delle fasi feldspatiche coesistenti viene dedotta nel calcolo di RITTMANN in base ad una curva d'equilibrio fissa che tiene conto delle probabili temperature di cristallizzazione, decrescenti verso i termini più acidi, in facies effusiva. Detti disequilibri esistenti e testimoniati dalla presenza di plagioclasii zonati, dalla diversa composizione del plagioclasio dei fenocristalli e della pasta di fondo, e dalla presenza di plaghe feldspatiche xenomorfe a composizione più acida, vengono particolarmente messi in evidenza

nel campione 13 in cui dal calcolo petrochimico si desume la presenza di una sola fase feldspatica alcalina mentre l'esame diffrattometrico ed ottico indicano con certezza la presenza nella sua composizione modale di plagioclasio e di una fase sanidica al 47% Or.



Δ Punti rappresentativi di analisi di lave del complesso di Vavalaci

Fig. 13. — Posizione dei punti rappresentativi delle rocce analizzate nel diagramma classificativo secondo STRECKEISEN (1967), ottenuta proiettando le percentuali modali dei minerali leucocrati ricavati col calcolo dell'Associazione Mineralogica Stabile (A.M.S., RITTMANN, in preparazione).

In figura 13 viene riportato il doppio triangolo classificativo Q A P F con la proiezione dei punti rappresentanti le percentuali dei minerali leucocrati delle rocce esaminate dedotte dal calcolo dell'Associazione Mineralogica Stabile di RITTMANN; in base alla posizione di detti punti e tenendo conto dell'indice di colore esse possono essere classificate come segue:

- *Alcali-andesiti* (camp. 12).
- *Latitandesiti tendenti ad alcali-andesiti* (camp. 1, 6, 9).
- *Latitandesiti* (camp. 4, 5, 16, 17).

— *Latitandesiti tendenti a leucolatitandesiti* (camp. 18).

— *Leucolatitandesiti* (camp. 13, 14).

Nella figura 14 viene riportato il diagramma di variazione dei parametri magmatici  $al$ ,  $fm$ ,  $c$ ,  $alk$ ,  $k$ ,  $mg$  di NIGGLI delle rocce analizzate in funzione della posizione da esse occupata nella colonna stratigrafica. Questo diagramma rende particolarmente evidente la netta differenza di caratteri petrochimici fra le vulcaniti sovrastanti e quelle sottostanti i tufi intermedi. Si nota in particolare che, a parte lievi variazioni, (fatta eccezione per le colate laviche indicate con il numero 12 e 14) i caratteri petrochimici risultano complessivamente molto

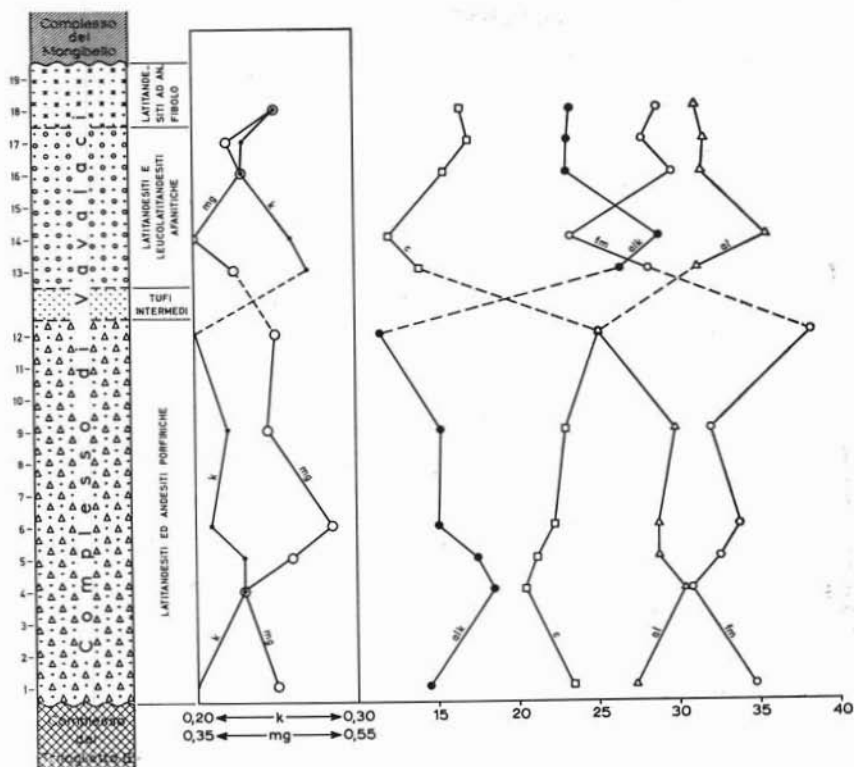


Fig. 14. — Diagramma di variazione dei coefficienti magmatici e dei parametri  $k$  ed  $mg$  di NIGGLI delle lave analizzate in funzione della loro posizione stratigrafica. Il diagramma mette in evidenza la notevole diversità di caratteri petrochimici esistenti fra le lave dei due cieli di attività.

omogenei in seno a ciascuno dei due livelli mentre si diversificano nettamente da un livello all'altro per il carattere più differenziato in senso acido delle lave appartenenti alla parte superiore del complesso (secondo ciclo eruttivo). Questa osservazione consente di affermare che durante il periodo di inattività intercorrente fra il primo ed il secondo ciclo effusivo si devono essere sviluppati intensi fenomeni di differenziazione, che hanno fatto evolvere il magma iniziale verso composizioni più acide. Particolarmente significativo sembra essere l'andamento all'incirca parallelo delle curve di variazione relative ai parametri  $fm$  ed  $mg$ ; ciò indica che con il procedere della differenziazione verso i termini più acidi si è avuta una diminuzione preferenziale del magnesio rispetto al ferro. In modo analogo l'andamento all'incirca parallelo delle curve di variazione relative ai parametri  $alk$  e  $k$  (fatta eccezione per il campione 14) mette ulteriormente in evidenza l'arricchimento preferenziale in potassio rispetto al sodio col procedere della differenziazione. Le osservazioni di cui sopra sembrano quindi indicare che le lave del Complesso di Vavalaci si sono differenziate per contemporanea sottrazione di fasi sia femiche che sialiche e che i due cicli distinti di attività hanno subito processi evolutivi indipendenti che hanno condotto alla formazione di due coltri laviche nettamente differenti. Quest'ultima osservazione trova conferma nel fatto che le vulcaniti che si rinvencono nella parte sud-occidentale del vulcano etneo presso Adrano e Biancavilla, e che in base alla loro posizione stratigrafica sono collegabili al secondo ciclo di attività del centro eruttivo che ha prodotto le lave del Complesso di Vavalaci, presentano un carattere spiccatamente alcalino (cfr. CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969); analogo carattere fortemente alcalino presenta inoltre la colata latitandesitica rinvenuta in un pozzo presso Bronte (cfr. STURIALE, 1967, an. B<sub>2</sub>) che probabilmente è da riferire, come si è detto in precedenza, al Complesso di Vavalaci.

Nelle figure 15 e 16 vengono indicati i punti rappresentativi dei campioni analizzati nei diagrammi triangolari Q L M e Kp Ne Cal di NIGGLI; negli stessi diagrammi sono riportati i campi di distribuzione delle vulcaniti etnee (già delimitati in un precedente lavoro di CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969) distinguendo le lave storiche dai prodotti effusivi degli apparati del Trifoglietto I e II e di Calanna (KLERKX, 1968). In detti diagrammi sono inoltre riportati i punti rappresentativi delle medie delle vulcaniti della serie alcalina delle

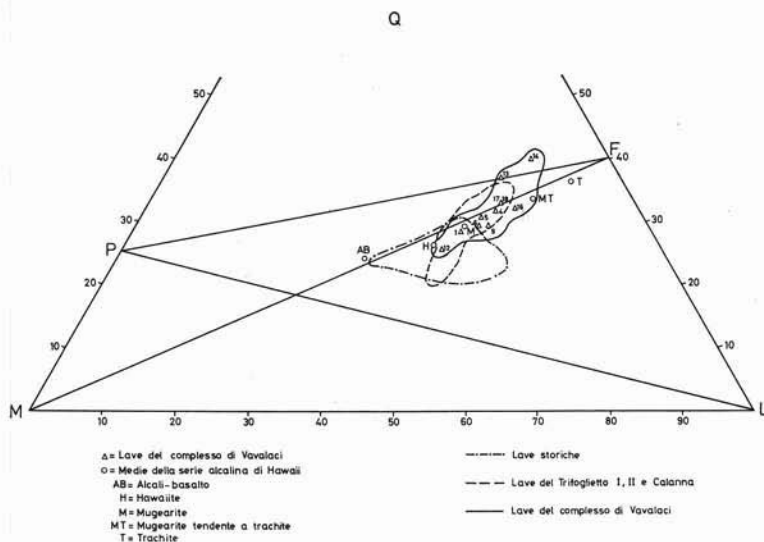


Fig. 15. — Diagramma Q-L-M (BURRI e NIGGLI, 1945) da cui appare la posizione delle lave studiate rispetto alle vulcaniti del Mongibello (lave storiche), del Trifoglietto I, II e Calanna nonché alle medie delle lave di serie alcalina di Hawaii.

Hawaii (MACDONALD e KATSURA, 1964) e quello relativo ad una « mugearite tendente a trachite » (MACDONALD e KATSURA, 1964; an. C 92) o « benmoreite » (TILLEY e MUIR, 1964, an. 3). Per quanto riguarda il campo di distribuzione delle lave relative al Complesso di Vavilaci compreso fra il Trifoglietto II ed il Mongibello, esso risulta alquanto ampliato specialmente verso i termini basici rispetto a quello già indicato in precedenza (CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969).

I dati relativi alle vulcaniti qui studiate mettono in evidenza un carattere mediamente più differenziato in senso alcalino ed una più ampia variabilità di tipi petrografici sia rispetto ai prodotti francamente etnei (lave storiche) che preetnei (lave degli apparati del Trifoglietto I e II e Calanna).

Il confronto delle rocce studiate con i corrispondenti termini alcalini delle Hawaii indica la loro relativa somiglianza fatta eccezione per un più alto contenuto in calcio e più basso tenore in ferro che comportano la presenza di minori percentuali di olivina.



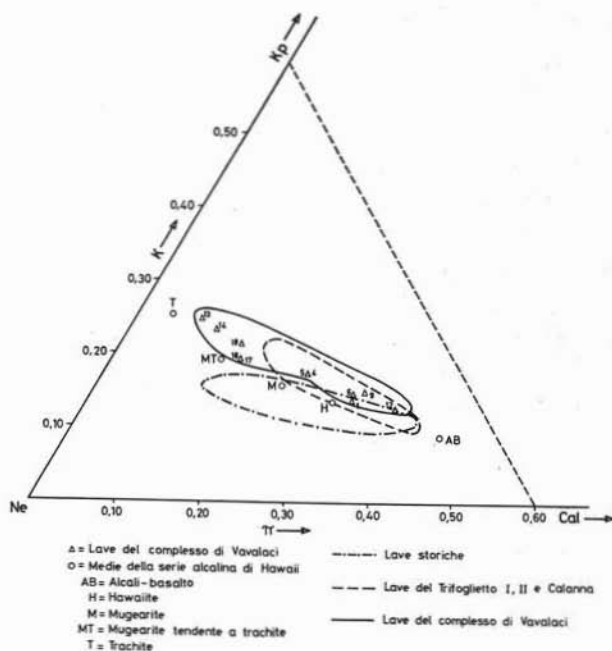


Fig. 16. — Il diagramma Kp-Ne-Cal mette in evidenza il carattere più differenziato delle lave del Complesso di Vavalaci rispetto a quelle degli altri apparati pre-Mongibello e del Mongibello.

### Conclusioni.

Le lave appartenenti ad un complesso stratigraficamente interposte fra i prodotti del Trifoglietto II (KLERKX, 1968) e quelli del Mongibello (LYELL, 1859) sono state identificate come posizione geologica in un precedente lavoro (CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969) e vengono qui indicate come « Complesso di Vavalaci » dal nome della località ove risultano stratigraficamente meglio esposte e sviluppate. Pur non essendone attualmente nota con certezza l'estensione complessiva, essa sembra essere notevole in quanto il complesso affiora con certezza lungo il versante sud-occidentale dell'Etina presso Adrano e Biancavilla (cfr. CRISTOFOLINI e LO GIUDICE, 1969) e si estende probabilmente verso occidente sino nei pressi Bronte (STURIALE, 1967)

I materiali del complesso affioranti lungo il margine sud-occidentale della Valle del Bove e lungo il versante meridionale della Schiena dell'Asino risultano riferibili a termini variamente differenziati a partire da tipi alcali-andesitici sino a leucolatitandesitici. Anche se variamente giustapposti fra loro detti prodotti presentano una successione stratigrafica tale da consentirne la suddivisione in due livelli stratigraficamente e petrochimicamente differenti, separati da un banco di tufi (tufi intermedi) la cui potenza si aggira sui 20 metri circa.

Le vulcaniti appartenenti al livello stratigraficamente più basso e direttamente poggianti sui prodotti del Trifoglietto II sono date da colate laviche piuttosto potenti, a struttura porfirica ed a composizione variabile da alcali-andesiti a latitandesiti, mentre i prodotti del livello superiore sono dati esclusivamente da colate sottili a struttura afanitica, talora arrossate e costantemente più acide ed alcaline dei prodotti sottostanti e riferibili a tipi latitandesitici e leucolatitandesitici; le ultime manifestazioni appartenenti a detto livello sono inoltre caratterizzate dalla presenza di scarse quantità di kaersutite del tutto assente nei prodotti appartenenti al livello inferiore.

L'esame mineralogico delle vulcaniti considerate, condotto con metodi ottici e roentgenografici, ha messo in evidenza la costante presenza di feldspato alcalino rilevabile roentgenograficamente e la quasi costante composizione modale delle lave, pur se la composizione delle singole specie minerali risulta alquanto variabile. In particolare il plagioclasio dei fenocristalli mostra una certa variazione nel contenuto in Ab, come indicato dal chimismo (vedi pag. 706), con termini più sodici nei prodotti più acidi ed alcalini e termini più calcici nelle rocce più basiche. Contrariamente ai plagioclasii, i pirosseni non sembrano mostrare eccessive variazioni in funzione del chimismo generale delle rocce; si tratta sempre di termini augitico-salitici a basso tenore in ferro ( $Fs = 9\%$  in media) ed a contenuto in  $Al^{VI}$  leggermente più alto per quelli provenienti dalle vulcaniti più acide rispetto a quelli delle vulcaniti più basiche. L'olivina non sembra presentare alcuna variazione significativa o comunque correlabile con il chimismo generale delle rocce.

Dal punto di vista petrografico si sono distinti termini variamente differenziati da alcali-andesiti a leucolatitandesiti con tutti i termini intermedi. Per quanto riguarda la denominazione delle rocce esaminate si è seguita la classificazione proposta da STRECKEISEN

(1967), utilizzando per la proiezione nel doppio triangolo Q A P F dei punti rappresentativi delle rocce studiate le percentuali normative dei minerali leucocrati ricavate seguendo l'elaborazione petrochimica proposta da RITTMANN (Associazione Mineralogica Stabile; RITTMANN, in preparazione).

L'analisi chimica di 11 campioni rappresentativi di tutto il complesso ha mostrato che ci si trova di fronte a vulcaniti a chimismo tendenzialmente alcalino e con contenuto in  $\text{SiO}_2$  ampiamente variabile (da 48% circa a 62% circa), complessivamente isofale e c-normali ed evolventi da tipi poveri in alcali a tipi ricchi in alcali. Interessante è risultato il confronto fra i caratteri petrochimici delle lave del Complesso di Vavalaci e quelli dei prodotti sia francamente etnei (riferibili all'asse eruttivo del Mongibello) che preetnei (prodotti degli apparati di Calanna e del Trifoglietto I e II); si è avuto modo di notare come pur con ampie sovrapposizioni, i prodotti del Complesso di Vavalaci siano nettamente più differenziati rispetto a quelli del Trifoglietto I e II e Calanna e presentino, sia rispetto a questi ultimi che rispetto ai prodotti francamente etnei, un più elevato contenuto in alcali ed in particolare in potassio. Il confronto con i corrispondenti termini di serie alcalina delle Hawaii ha messo in evidenza una buona analogia fra i prodotti in questione e le Hawaiiiti, Mugariti e Benmorreiti, pur notandosi per queste ultime un più alto contenuto in magnesio.

Dall'insieme dei caratteri mineralogici e petrochimici si deduce che i prodotti studiati si inseriscono bene nella serie dei prodotti di differenziazione degli olivin-basalti con successione tipica dei tipi olivin-basalti alcalini - hawaiiiti - mugariti - trachiti, pur notandosi nel caso in questione una debole tendenza alla soprassaturazione nei prodotti più acidi.

Di particolare interesse risulta inoltre l'osservazione delle modalità di distribuzione dei vari prodotti nella successione stratigrafica; infatti i prodotti meno differenziati si rinvennero alla base del complesso mentre i termini fortemente differenziati (latitandesiti afanitiche e leucolatitandesiti) rappresentano gli ultimi prodotti della serie e risultano sovrapposti lungo il margine interno della Valle del Bove ad un potente livello di tufi (tufi intermedi). Queste osservazioni indicano che l'attività vulcanica del centro eruttivo del Complesso di Vavalaci si è manifestata in due periodi differenti, nel primo dei

quali si sarebbero avute le lave stratigraficamente più basse e meno differenziate, mentre successivamente, dopo un certo intervallo di inattività durante il quale si è verificata la differenziazione, si sono avute le manifestazioni di tipo latitandesitico e leucolatitandesitico, precedute da un periodo di attività esplosiva che ha presidiato alla formazione dei tufi intermedi. L'andamento delle curve di variazione relative ai parametri  $fm$ ,  $alk$ ,  $mg$  e  $k$  (vedi fig. 15) unitamente ai diversi caratteri petrochimici delle lave appartenenti ai due periodi di attività sembrano inoltre indicare processi di differenziazione indipendenti e legati alla sottrazione di fasi femiche e sialiche contemporaneamente.

Ringrazio il Ch.mo Prof. Claudio D'Amico per la lettura critica del manoscritto.

*Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Catania.*

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BARTH T. F. W. (1952) - *Theoretical Petrology*. Wiley, New York, 387 pp., 146 figg., 75 tabb..
- BROWN G. M. (1960) - *The effect of ion substitution on the unit cell dimensions of the common clinopyroxenes*. Amer. Min., Vol. 45, pag. 15-38, 5 figg., 2 tabb..
- BURRI C. (1959) - *Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage*. Birkhäuser ed. Basel. 334 pp., 66 figg..
- BURRI C., PARKER R. L., WENK E. (1967) - *Die Optische orientierung der Plagioklase*. Birkhäuser ed. Basel. 334 pp., 61 figg., 17 tavv..
- CARMICHEL I. S. E., MACKENZIE W. S. (1964) - *The lattice parameters of high-temperature triclinic sodic feldspars*. Min. Mag., vol. XXXIII, pag. 949-962, 4 figg., 6 tabb..
- COLEMAN L. C. (1962) - *Effect of ionic substitution on the unit-cell dimensions of synthetic diopside*. Geol. Soc. Amer. Buddington, volume. Pag. 429-446, 11 figg., 5 tabb..
- CRISTOPOLINI R. e LO GIUDICE A. (1969) - *Le latitandesiti di un complesso intermedio tra il Trifoglietto ed il Mongibello, affiorante tra la Valle del Bove ed Adrano-Biancavilla (Etna)*. Rend. Soc. Ital. Min. e Petr. Vol. XXV, pag. 227-261, 9 figg., 7 tabb., 4 tavv..
- CRISTOPOLINI R. e LO GIUDICE A. (in corso di stampa) - *Ricerche su due kaersutiti etnee*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat.
- DI FRANCO S. (1930) - *Ricerche petrografiche sulle lave dell'Etna*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. serie V, Vol. 17, mem. II, 120 pp., 6 figg., 6 tavv..
- FRANZINI M. (1965) - *Sulla determinazione della composizione e dello stato termico dei plagioclasti geminati Albite-Karlsbad*. Atti Soc. Tose. Sc. Nat. Serie A, Vol. LXXII, pag. 1-22, 11 figg..

- GEMMELLARO C. (1860) - *La vulcanologia dell'Etna*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Serie II, Vol. 15, pag. 27-140, 2 tavv. .
- KLERKX J. (1966) - *La cristallization de l'apatite dans les laves de l'Etna*. Ann. Soc. Géol. Belg. Vol. 89, pag. B 449-458, 1 tab., 2 tavv. .
- KLERKX J. (1968) - *Etude géologique et pétrologique de la Valle del Bove (Etna)*. Thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur en sciences géologiques et minéralogiques. Université de Liège.
- LEWIS J. F. (1967) - *Unit-cell dimensions of some aluminous natural clinopyroxenes*. Americ. Min. Vol. 52, pag. 42-54, 2 figg., 4 tavv. .
- LYELL C. (1859) - *Les laves du Mont Etna formées sur des pentes raides et les craters de soulèvement*. Arch. Sc., 50 pp., 10 figg., 3 tavv. .
- MACDONALD G. A. (1969) - *Composition and origin of hawaiian lavas*. Geol. Soc. Am. Mem. 116, pag. 477-522, 7 figg., 9 tabb. .
- MACDONALD G. A. e KATSURA T. (1964) - *Chemical composition of hawaiian lavas*. Jour. Petr. Vol. 5, pag. 82-133, 8 figg., 8 tabb. .
- NIGGLI P. (1923) - *Gesteins und Mineralprovinzen*. Verlag von Gebrüder Borntraeger. 602 pp., 202 figg., 43 tabb. .
- RITTMANN A. (1929) - *Die Zonenmethode. Ein Beitrag zur Methodik der Plagioklasbestimmung mit Hilfe der Theodolithisches*. Schw. Min. Petr. Mitt. Vol. 9, pag. 1-46, 14 figg., 3 tavv. .
- RITTMANN A. (in preparazione) - *Associazione Mineralogica Stabile*.
- RITTMANN A. e VIGHI L. (1947) - *Fattore di correzione da apportare alle percentuali di minerali opachi determinati nelle sezioni sottili col metodo di Rosival*. Per. Min. Vol. XVI, pag. 109-122, 2 figg. .
- SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN W. (1880) - *Der Aetna*. Vol. II, 548 pp., 2 carte vule., Lipsia.
- SHAPIRO L. e BRANNOCK W. C. (1962) - *Rapid analysis of silicate, carbonate and phosphate rocks*. Geol. Surv. Bull. 1144-A, pag. 1-56, 15 figg. .
- SLEMMONS D. B. (1962) - *Determination of volcanic and plutonic plagioclases using a three or four axis universal stage*. Geol. Soc. Am. Sp. pap. n. 69, pag. 1-61, 5 figg., 3 tabb., 12 tavv. .
- STRECKHEISEN A. L. (1967) - *Classification and nomenclature of igneous rocks*. N. Jb. Min. Abh. Vol. 107, pag. 144-240, 63 figg., 4 tavv. .
- STURIALE C. (1967) - *Le vulcaniti rinvenute in un pozzo trivellato presso Bronte (Etna)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania Ser. VI, Vol. XIX, pag. 93-109, 7 figg., 2 tavv., 10 tabb. .
- TILLEY C. E. e MUIR I. D. (1964) - *Intermediate members of the oceanic basalt-trachite association*. Geol. Fören. Stockholm förhan. Vol. 85, pag. 436-444, 3 figg., 2 tabb. .
- TROEGER W. E. (1959) - *Tabellen zur optischen Bestimmung des gesteinsbildenden Minerale*. Schw. Verl. Stuttgart, Vol. 1, 147 pp. .
- WEIBEL M. (1961 a) - *Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse*. Schw. Min. Petr. Mitt., Vol. 41, pag. 285-294.
- WEIBEL M. (1961 b) - *Die Aluminiumbestimmung in der chemischen Silicatanalyse*. Zeit. f. Anal. Chem., Vol. 184, pag. 322-327.
- WILKINSON J. F. G. (1961) - *Some aspects of the calciferous amphiboles, oxyhornblende, kaersutite and barkevikite*. Am. Min., Vol. 46, pag. 340-354, 5 tabb. .