

V. CAGNETTI, B. DI SABATINO, R. TRIGILA

CONSIDERAZIONI CHIMICHE E PETROLOGICHE  
SU ALCUNE PARTICELLE CINERITICHE DELL'ETNA  
(ERUZIONE PRIMAVERA 1971) (\*)

RIASSUNTO. — E' stato effettuato l'esame morfologico e chimico-petrologico su alcune particelle vetrose di dimensioni comprese fra i 200 micron ed i 2 mm, prelevate durante l'eruzione dell'Etna avvenuta nella primavera del 1971.

Le morfologie riscontrate vanno da quelle riferibili a filamenti tipo «capelli di Pele» a forme pseudoglobulari, ma in massima parte risultano dalla combinazione dei due tipi. Essenzialmente sono dovute alla presenza di individui cristallini (plagioclasio basico, pirosseno, olivina e magnetite) all'interno delle particelle stesse e di canali e vacuoli conseguenti all'exsoluzione di volatili.

Le analisi chimiche effettuate tramite microsonda elettronica su aree di vetro non vescicolate e prive di inclusioni cristalline, hanno messo in evidenza una certa omogeneità chimica all'interno delle singole particelle.

Queste, anche se rappresentano un termine di transizione fra il tipo basaltico ed il tefritico, risultano di norma più ricche in  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  delle lave ad esse singenetiche, mentre risultano sensibilmente impoverite nelle terre alcaline. Queste differenze, pur essendo essenzialmente il risultato di processi di frazionamento conseguenti alla separazione di plagioclasio basico e clinopirosseno, mettono in evidenza altri fenomeni differenziativi, probabilmente connessi e con la variazione del chimismo dei plagioclasti durante la loro formazione e con la dinamica di formazione dei vetri stessi.

Viene infine discussa la possibilità di distinzione, in sede di bilancio chimico, tra vetri vulcanici e vetri da impatto, quando in questi ultimi non siano evidenti quei caratteri fisici, morfologici e microstrutturali peculiari nel caso di una formazione per onde d'urto.

ABSTRACT. — Morphological, chemical and petrological features of ashes particles from the latest Mount Etna eruption (1971) have been investigated. The observed morphologies range from filaments (Pele hairs) to pseudo-globular forms

---

(\*) Lavoro eseguito sotto gli auspici del C.N.R.

and can be explained with the more or less abundant presence of phenocrysts (plagioclase, clinopyroxene, olivine and magnetite) and vesicles or channels produced by volatiles exsolution into the glasses.

Electron microprobe analyses of the glassy particles show a fairly homogeneous chemistry which is intermediate from a leucobasaltic to tephritic composition. The glasses are richer of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  and  $\text{K}_2\text{O}$  and poorer of  $\text{MgO}$  and  $\text{CaO}$  than the syngenetic lavas. These differences have been related mainly with the fractionation of plagioclases and clinopyroxenes during the magma rise to the surface and to a lesser extent with the dynamics of formation of the glass itself.

Nell'ambito delle ricerche attualmente in corso presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Roma sui caratteri chimici e morfologici dei vetri naturali, un argomento fra i più importanti riguarda la distinzione fra i vetri di genesi vulcanica e quelli di genesi da impatto.

Poichè la maggior parte delle eruzioni vulcaniche avviene a temperature comprese fra quelle del « liquidus » e quelle del « solidus », il chimismo dei vetri che si producono dovrebbe rientrare nei « trends » di differenziazione magmatica di singoli apparati o di complessi vulcanici. Viceversa, nei vetri di origine impattoelastica, il carattere transiente del parametro P produce sicuramente delle situazioni di non equilibrio termodinamico, le cui conseguenze si riflettono sulle caratteristiche chimiche (volatilizzazione selettiva di alcuni elementi), fisiche (valori anomali delle densità e degli indici di rifrazione) ed infine microstrutturali e morfologiche (Von Engelhardt e Stöffler, 1968; Von Engelhardt et al., 1970).

E' da osservare, tuttavia, che in taluni casi (ad esempio negli impatti a bassa velocità), gli aspetti peculiari sopracitati possono presentarsi in modo molto attenuato simulando in parte quelli propri dei vetri di genesi vulcanica (Agrell et al., 1971).

In tale caso un criterio per la distinzione fra le due diverse modalità genetiche può risultare dal confronto fra il chimismo dei vetri stessi con quello dei materiali di origine.

A questo scopo è stato effettuato, insieme allo studio morfologico e chimico di alcune particelle vetrose di sicura genesi vulcanica (eruzione dell'Etna della primavera del 1971), anche il confronto su base petrochimica fra le particelle stesse e le lave sin-genetiche.

I campioni di lava sono stati prelevati nei pressi dei luoghi di uscita e lungo le direttrici delle colate laviche principali sia nella zona della Funivia che in quella del Rifugio Citelli. I campioni di cenere nei quali si trovano le particelle di vetro a morfologia caratteristica sono stati raccolti in vario modo:

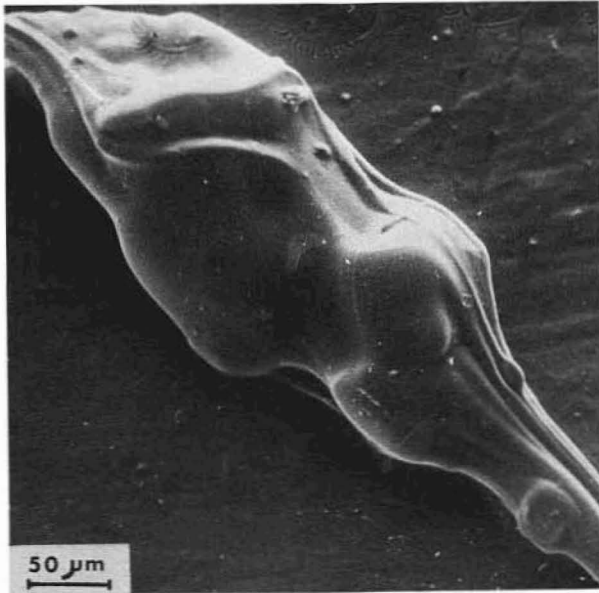


Fig. 1. — Filamento con rigonfiamento. Immagine degli elettroni secondari. (SEM - Stereoscan - Cambridge Instruments). Le irregolarità morfologiche più marcate sono dovute alla presenza di individui cristallini inclusi.

- 1) mediante collocamento di fogli di alluminio, ricoperti da un sottile strato di resina, di circa 2 m<sup>2</sup> di superficie nei pressi dei coni dove era in corso un'attività di tipo esplosivo;
- 2) mediante il prelevamento di campioni di neve dove il colore scuro segnalava la presenza di cenere vulcanica;
- 3) mediante il prelevamento diretto di campioni di cenere che in varie zone si trovano a copertura dei prodotti lavici dell'ultima eruzione.

I campioni stessi sono stati divisi in tre frazioni granulometriche: una grossolana > 2 mm, una intermedia con dimensioni dei granuli

fra 2 mm e 200  $\mu\text{m}$  ed una fine  $< 200 \mu\text{m}$ . La frazione intermedia, per dimensioni e quantità delle particelle a morfologia caratteristica si è rivelata la più adatta per la nostra indagine.

Le morfologie delle particelle vetrose osservate variano da forme filamentose ad altre globulari; forme più complesse, eventualmente presenti, sono comunque riconducibili alla combinazione dei due tipi.

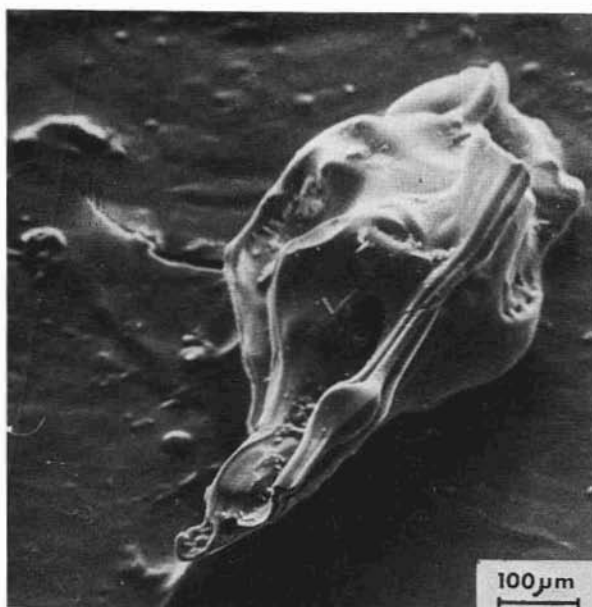


Fig. 2. — Forma pseudo-globulare. Immagine degli elettroni secondari. (SEM - Stereoscan - Cambridge Instruments). L'estrema complicazione della morfologia superficiale risente del rapido degassamento della massa vetrosa e della massiccia presenza di individui cristallini inclusi.

I criteri di distinzione, fissati arbitrariamente e basati sul rapporto fra la lunghezza  $b$  ed il diametro massimo trasversale  $a$ , hanno permesso di suddividere le forme vetrose in tre gruppi principali:

- 1) filamenti:  $a/b < 1/5$ ;
- 2) filamenti con rigonfiamento:  $1/5 \leq a/b \leq 1/2$ ;
- 3) forme rotundeggianti:  $1/2 < a/b \leq 1$ .

Una stima sulla distribuzione dei tipi morfologici ha indicato che più del 70% delle particelle sono inquadrabili nel tipo: filamenti con rigonfiamento (fig. 1).

E' da osservare peraltro che le morfologie esaminate sono essenzialmente funzione del rapporto: vetro, individui cristallini e vacuoli o canali dovuti all'essoluzione dei volatili. In particolare i filamenti,

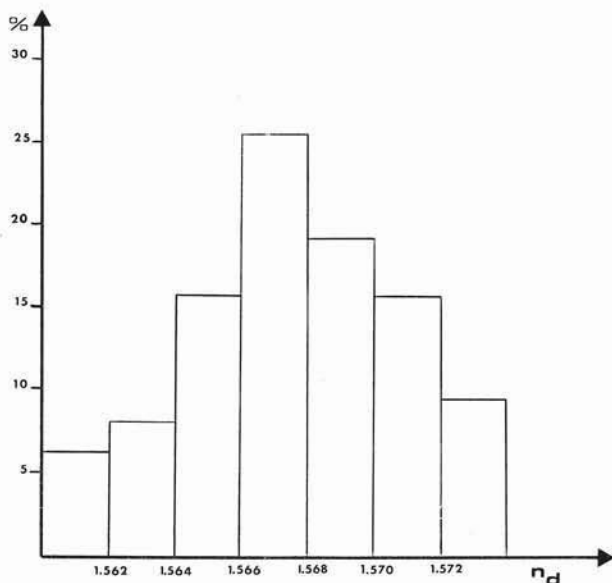


Fig. 3. — Distribuzione degli indici di rifrazione su circa 200 particelle vetrose.

riferibili ai tipi per lo più conosciuti sotto il nome di «capelli di Pele» sono quasi interamente formati da vetro limpido ed omogeneo, mentre le forme pseudoglobulari (fig. 2) si riscontrano quando prevalgono all'interno delle particelle fasi cristalline e/o vacuoli gassosi. I filamenti con rigonfiamento mostrano un certo equilibrio nei rapporti fra vetro, vescicole e fasi cristalline.

La matrice vetrosa che costituisce le particelle esaminate è relativamente limpida ed omogenea. Il colore (marroncino in sezione sottile ed uniforme all'interno delle singole particelle) varia dal bruno chiaro al bruno scuro nel complesso dei tipi studiati. L'indice di

rifrazione è compreso fra il valore minimo di 1,560 ed il massimo di 1,574 (fig. 3). I vetri stessi sono variamente vescicolati con cavità delle più diverse forme e dimensioni (fig. 4). Fra le più evidenti sono dei canali, osservabili in particolare all'interno dei filamenti e disposti in direzione longitudinale lungo l'asse di quest'ultimi (fig. 5). I vuoti caratterizzano di preferenza le morfologie globulari ed i rigon-

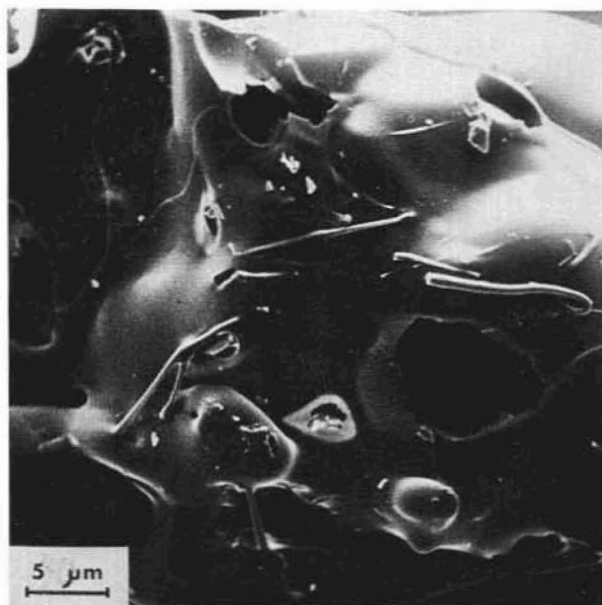


Fig. 4. — Particolare della superficie di una forma vetrosa. Immagine degli elettroni secondari (SEM - Stereoscan - Cambridge Instruments). Sono evidenti le cavità apertesì in seguito alla esplosione delle pareti esterne delle vescicole.

fiammenti. Hanno forme per lo più a goccia ed ovoidali ed orientazione variabile probabilmente funzione del moto della particella durante il processo di solidificazione. In taluni casi sono state osservate, anche in zone di vetro limpido, microvescicelazioni ad andamento fluidale e disposte di preferenza ai bordi degli individui cristallini inclusi.

Questi ultimi, di regola, sono rappresentati dai termini di cristallizzazione intratellurica (plagioclasio, clinopirosseno, olivina e magne-

tite). Tendenzialmente hanno abito proprio e non mostrano vistosi segni di reazione con il vetro circostante. I loro caratteri ottici rispecchiano quelli dei fenocristalli delle lave; in particolare il plagioclasio, analizzato alla microsonda elettronica, ha una composizione corrispondente a termini di miscela variabili fra il 50% ed il 65% An.

 TABELLA I. — *Particelle vetrose. Analisi chimiche.*

	P 1	P 2	P 3	P 4	B 5	P 6	O 8	A 1	A 2	A 3
SiO <sub>2</sub>	48.49	48.36	49.03	49.09	47.74	47.51	48.00	48.49	47.62	48.51
TiO <sub>2</sub>	2.03	2.02	2.01	1.94	1.83	1.90	1.94	2.36	2.25	2.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.09	14.87	15.38	15.93	15.85	15.23	15.09	15.75	15.94	15.80
FeO(*)	11.28	11.18	11.07	10.94	10.21	11.05	11.25	10.93	10.23	11.04
MnO	0.16	0.15	0.13	0.16	0.18	0.16	0.19	0.17	0.16	0.16
MgO	3.62	3.46	3.62	3.58	3.44	3.61	3.60	3.90	3.90	3.46
CaO	8.21	8.16	8.30	8.15	9.74	8.32	8.26	8.46	8.43	7.86
Na <sub>2</sub> O	5.14	5.24	4.39	4.50	4.19	5.79	5.37	4.22	4.51	4.99
K <sub>2</sub> O	2.53	2.63	3.58	4.08	2.27	3.20	2.76	2.73	2.69	2.78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.73	0.97	1.14	1.07	1.00	0.96	0.72	1.00	0.99	0.87
	97.28	97.04	98.65	99.44	96.45	97.73	97.18	98.01	96.72	97.74

(\*) N.B. - Fe<sub>tot.</sub> espresso come FeO.

 TABELLA II. — *Particelle vetrose. Deviazioni standard degli ossidi.*

	Valori sulla base dei % analitici	Valori sulla base dei % analitici ricavati dai totali normalizzati a 100
SiO <sub>2</sub>	0,5542	0,3534
TiO <sub>2</sub>	0,1771	0,1824
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4045	0,4139
FeO	0,3859	0,3675
MnO	0,0145	0,0180
MgO	0,1641	0,1715
CaO	0,5108	0,5627
Na <sub>2</sub> O	0,5389	0,5691
K <sub>2</sub> O	0,5429	0,5264
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1351	0,1303

Sono infine presenti individui cristallini nell'ordine del micron, testimoniati fasi di « quench » generatesi durante il raffreddamento e riferibili a termini pirossenici.

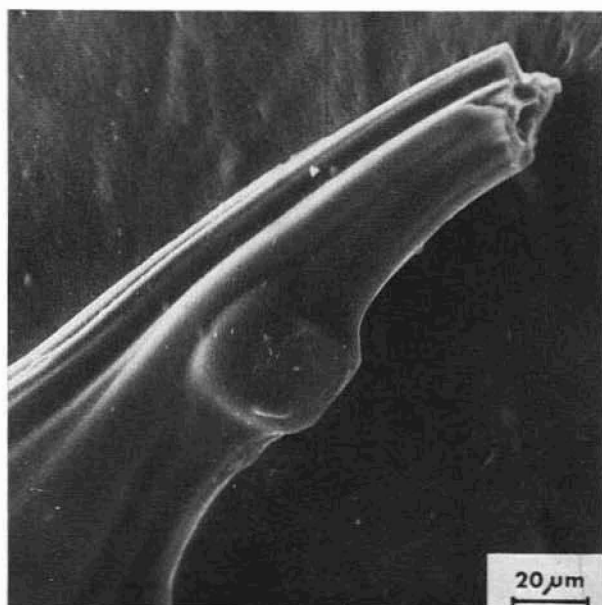


Fig. 5. — Particolare di un filamento con rigonfiamento. Immagine degli elettroni secondari. (SEM - Stereoscan - Cambridge Instruments). E' evidente il sistema di canali che si produce lungo l'asse dei filamenti in seguito alla rapida degassazione della matrice vetrosa.

In tabella I si riportano i risultati delle analisi chimiche su 10 particelle vetrose, effettuate mediante microsonda elettronica <sup>(1)</sup>. E'

<sup>(1)</sup> Microsonda elettronica GEOSCAN della Cambridge Instruments. Condizioni sperimentali: potenziale di accelerazione: 20 kV; corrente dal fascio:  $50 \times 10^{-8}$  A; corrente dal campione:  $3 \times 10^{-8}$  A; tecnica di analisi: fascio defocalizzato a  $50 \mu\text{m}$ ; test volatilizzazione Na: < 1%; errore statistico: < 1%.

I risultati analitici sono stati corretti per fondo, tempo morto dell'elettronica, deriva strumentale a piccolo e lungo termine, numero atomico, assorbimento, fluorescenza sul continuo e caratteristica mediante un programma appositamente pre-



TABELLA III. — *Particelle vetrose. Norme molecolari standard.*

	P 1	P 2	P 3	P 4	B 5	P 6	O 8	A 1	A 2	A 3
Q	-15.1	-14.9	-14.2	-15.8	-11.8	-20.7	-17.8	-11.5	-13.6	-14.9
Or	15.2	15.7	21.5	24.3	14.2	19.2	16.8	16.2	16.3	16.7
Ab	47.0	47.6	40.1	40.5	39.2	52.7	49.5	38.5	41.7	45.7
An	11.2	9.8	11.8	11.2	18.3	6.0	9.0	16.5	15.8	12.8
Wo	10.3	10.4	9.5	9.1	10.3	11.9	11.6	8.3	8.5	8.7
Hy	18.3	18.0	17.8	17.2	16.8	17.5	18.1	17.6	16.5	17.6
En	10.1	10.0	10.0	10.0	9.7	10.0	10.1	10.7	11.2	9.9
Ru	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.7	1.6	1.7
Cp	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	1.4	2.0	2.0	1.8

 TABELLA IV. — *Particelle vetrose. Parametri di Niggli.*

	si	al	fm	e	alk	k	mg
P 1	123.9	22.7	38.2	22.4	16.7	0.25	0.36
P 2	124.2	22.5	37.8	22.5	17.2	0.25	0.36
P 3	124.8	23.1	37.6	22.6	16.7	0.35	0.36
P 4	123.9	23.7	36.8	21.8	17.7	0.38	0.37
B 5	122.3	23.9	35.3	26.6	14.2	0.26	0.37
O 8	120.9	22.4	37.5	22.4	17.7	0.26	0.36
P 6	118.2	22.3	36.5	22.1	19.1	0.26	0.36
A 1	123.5	23.6	38.4	23.2	14.8	0.30	0.39
A 2	122.2	24.0	37.1	23.1	15.8	0.28	0.40
A 3	124.5	23.9	37.3	21.7	17.1	0.27	0.36
Theralitisch M.	110	21	38	23	18	0.25	0.45
Beringitisch M.	125	23.5	39	22.5	15	0.25	0.45

parato per l'elaboratore UNIVAC 1108 del Centro di Calcolo Interfacoltà dell'Università di Roma. Nelle analisi riportate in Tabella I il  $Fe_{tot.}$  viene espresso come  $FeO$ ; non compare ovviamente l' $H_2O$  che non è dosabile con lo strumento da noi utilizzato.

stato utilizzato allo scopo un fascio di elettroni del diametro di  $50\ \mu\text{m}$ , valore di compromesso fra la necessità di operare su aree di vetro possibilmente esenti da vescicolazioni e/o individui cristallini inclusi e quella di evitare fenomeni di volatilizzazione e/o contaminazione nel materiale analizzato.

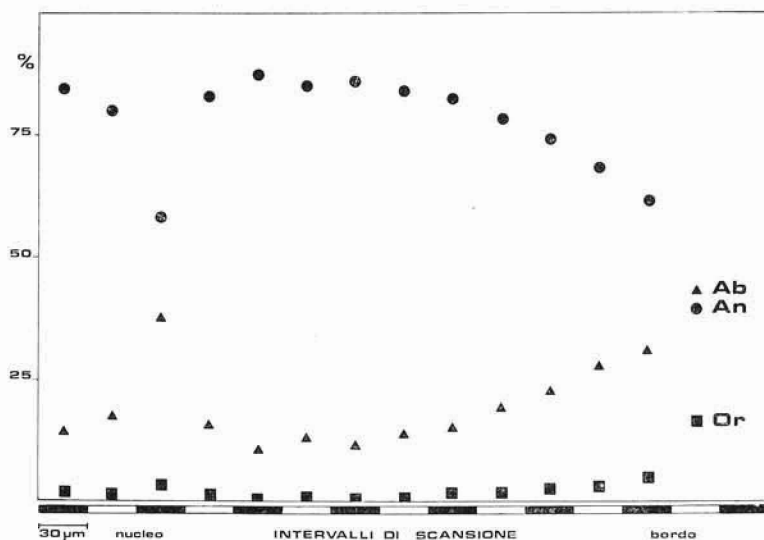


Fig. 6. — Analisi alla microsonda di un fenocristallo di plagioclasio (camp. VC11) effettuata dal nucleo al bordo. Tecnica d'analisi: « specimen scanning ». I risultati analitici relativi ad Si, Al, Ca, Na, K sono stati corretti per l'effetto matrice tramite calcolatore e riportati nei termini delle molecole fondamentali Ab, An, Or.

I risultati analitici mettono in evidenza come il chimismo dei vetri analizzati risulti indipendente dai parametri forma e colore. In particolare le analisi P1, P2, P3, P4 e P6, che si riferiscono a dei filamenti con rigonfiamento, risultano del tutto simili a quelle delle altre forme (globuli e filamenti). Analogamente da un confronto delle forme più chiare fra quelle esaminate (P1 e P2) con quelle più scure (P3 e P4) si ottengono dati analitici ben confrontabili tra loro.

Come si può anche rilevare dai valori che si ottengono dal calcolo delle deviazioni standard (tabella II) le particelle analizzate mo-

strano nel loro complesso un certo grado di omogeneità chimica. In particolare è da osservare che tali valori, se calcolati sulla base dei dati analitici riportati a 100, sono più bassi per  $\text{SiO}_2$  e  $\text{FeO}_{\text{tot}}$ , più alti per  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e all'incirca equivalenti per gli altri ossidi. Mentre gli aumenti osservati nei valori delle deviazioni standard sono

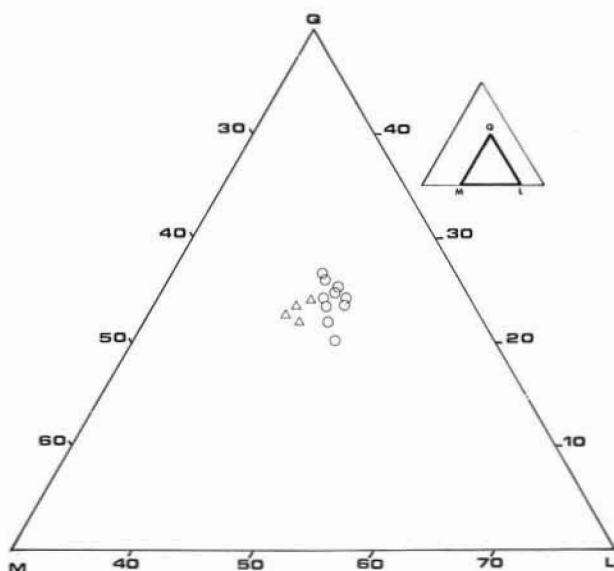


Fig. 7. — Diagramma Q - L - M. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

da collegarsi con differenze effettive fra i tenori degli ossidi analizzati, valori minori dello stesso parametro risentono essenzialmente delle oscillazioni nel grado di microvescicolazione, tenore in volatili ed elementi minori.

I valori maggiori delle deviazioni standard sono quelli relativi a  $\text{Na}_2\text{O}$  (0.57),  $\text{CaO}$  (0.56) e  $\text{K}_2\text{O}$  (0.53). Seguono in ordine decrescente l' $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.41),  $\text{FeO}$  (0.37),  $\text{SiO}_2$  (0.35). Gli altri ossidi infine presentano valori sensibilmente più bassi. Tale distribuzione, coerentemente alle osservazioni di cui sopra, induce a ritenere che le maggiori oscillazioni nei valori analitici di  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  possano essere legate più che a fenomeni di « transfert gassoso » al frazionamento dei pla-

gioclasti che mutavano di chimismo durante l'ascesa a giorno del liquido magmatico. Un tale fenomeno risulta anche dall'esame delle norme molecolari standard che presentano valori complementari all'interno dei parametri Ab, An ed Or (tabella III).

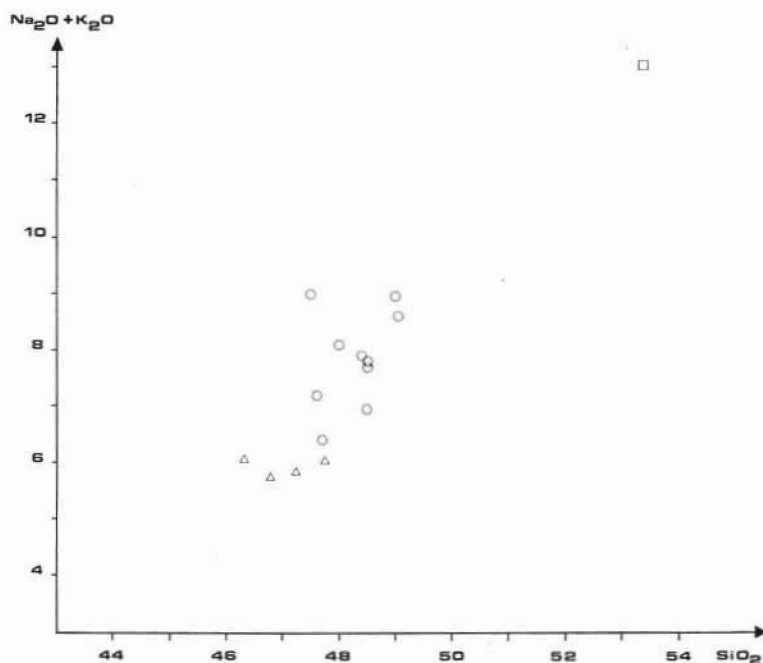


Fig. 8. — Diagramma  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ . I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose, il quadrato all'analisi della mesostasi.

Un esame delle norme standard stesse conferma poi il carattere nettamente sottosaturo del chimismo dei vetri analizzati; il valore del  $Q$  negativo comporta infatti, in una ulteriore elaborazione, la costruzione, oltre che della olivina normativa, anche del feldspatoide in tenori apprezzabili e di regola a favore di questo ultimo termine.

Ai fini classificativi sulla base dei parametri di Niggli (Tabella IV) trova conveniente applicazione lo schema proposto da Carapezza (1962).

Le analisi dei vetri, nello schema citato, cadono per la massima parte nella casella compresa fra quelle dei basalti andesinici nefelinici,

delle tefriti nefeliniche e delle andesiti nefeliniche, mettendo in luce il carattere di transizione di tali litotipi dalla famiglia dei basalti a quella delle tefriti.

Un siffatto chimismo, che non sembra trovare riscontro in quelli tipici delle lave del complesso vulcanico etneo (Spadea 1972), ci ha

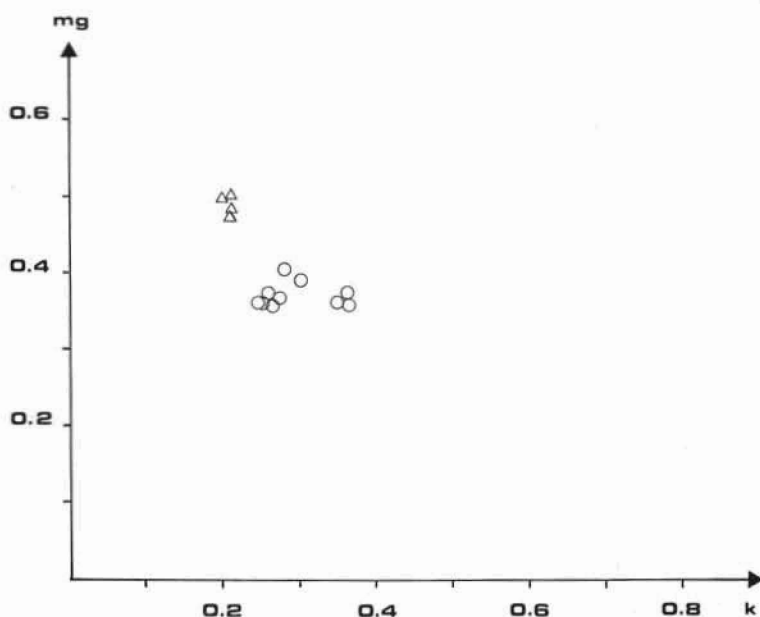


Fig. 9. — Diagramma mg - k. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

pertanto fornito lo spunto per un confronto su basi petrografiche e chimiche fra i vetri analizzati ed i campioni di lava prelevati anche essi nel corso dell'ultima eruzione.

Le rocce esaminate hanno una struttura marcatamente porfirica, variabile da olocristallina al nucleo delle colate fino a vitrofirica sugli strati scoriacei superficiali; la tessitura è di norma intersertale.

I fenocristalli, sempre bene rappresentati, sono costituiti da plagioclasio basico, clinopirosseno, magnetite ed olivina. Il sialico, in particolare, risulta prevalente; esso è accentuatamente zonato con nuclei

bytownitici (70-86% An), zone intermedie labradoritiche (55-65% An), fasce esterne andesiniche (40-50% An) talora contenenti sensibili tenori di molecola ortoclasica (9-16% Or). In fig. 6 si riportano i risultati relativi ad una traversa (« specimen scanning » - 30  $\mu\text{m}/\text{min}$ ) eseguita dal nucleo al bordo di un fenocristallo di plagioclasio. Il clinopiroseno, anche esso zonato, ( $2V_\gamma = 60^\circ$ ;  $c \wedge \gamma = 43^\circ-47^\circ$ ) è di tipo augitico. L'olivina è rappresentata da un termine di miscela forsteritico ( $2V_\gamma = 88^\circ$ ).

TABELLA V. — *Lave etnee (eruzione primavera 1971). Analisi chimiche.*

	EC 3	VC 8	VC 11	VC 13a
SiO <sub>2</sub>	46.32	46.81	47.24	47.72
TiO <sub>2</sub>	1.63	1.77	1.86	1.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.76	16.63	16.59	16.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.89	4.48	4.17	3.00
FeO	5.92	6.40	6.65	7.26
MnO	0.21	0.24	0.20	0.19
MgO	5.67	5.92	5.86	5.29
CaO	10.87	10.90	10.41	10.37
Na <sub>2</sub> O	4.42	4.18	4.16	4.30
K <sub>2</sub> O	1.71	1.58	1.67	1.75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.53	0.47	0.51	0.46
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.61	0.54	0.55	0.65
	99.54	99.92	99.87	99.75

La paragenesi essenziale della pasta di fondo è data da plagioclasio, clinopiroseno e magnetite. Il vetro, quando presente, ha indice di rifrazione maggiore di quello del balsamo del Canada; si presenta sia opacizzato da fenomeni di microvescicolazione, che trasparente con colori che vanno dal marrone giallo al bruno. In tale caso è possibile riconoscere al suo interno microliti idiomorfi forse riconducibili a termini pirossenici. Verso i nuclei delle colate la cristallinità della pasta di fondo diviene sensibilmente maggiore passando per uno stadio intermedio fra il vitrofirico e l'olocristallino nel quale si forma un materiale definibile come mesostasi (Rittmann 1967, Tanguy 1972). I cristalli che lo compongono hanno, infatti, dimensioni submicroscopi-

che apparendo al microscopio come un opaco e massivo aggregato dal quale emergono i microliti di clinopirosseno, plagioclasio e magnetite di maggiori dimensioni. Analisi diffrattometriche su campioni di lava

TABELLA VI. — *Lave etnee (eruzione primavera 1971).*  
*Norme molecolari standard.*

	EC 3	VC 8	VC 11	VC 13a
Q	—12.3	—11.3	—10.7	—11.5
Or	10.3	9.4	10.0	10.6
Ab	39.8	37.7	37.5	38.8
An	20.9	21.9	21.8	21.7
Wo	12.2	11.8	10.8	11.0
Hy	6.1	7.2	7.7	9.6
En	15.7	16.4	16.2	14.6
Ru	1.2	1.2	1.3	1.3
Cp	1.0	1.0	1.0	0.8
Mt	5.1	4.7	4.4	3.1

TABELLA VII. — *Lave dell'Etna (eruzione primavera 1971).*  
*Parametri di Niggli.*

	si	al	fm	c	alk	k	mg
EC 3	104.8	22.3	39.0	26.4	12.3	0.21	0.49
VC 8	105.8	22.1	40.0	26.4	11.5	0.20	0.50
VC 11	107.8	22.4	40.2	25.5	11.9	0.21	0.50
VC 13a	111.4	23.4	38.2	26.0	12.4	0.21	0.48
Theralithgabbroid M.	105	24	38	25	13	0.25	0.5
Essexitgabbrodioritisch M.	105	23	43	24	10	0.25	0.45

particolarmente ricchi in tale materiale hanno messo in luce la presenza di nefelina, anortoclasio, noseana, sodalite ed occasionalmente leucite. Un'analisi chimica della mesostasi, presente in un campione di lava (camp. VC 11), effettuata alla microsonda elettronica, ha fornito i seguenti risultati medi:  $\text{SiO}_2 = 53,4\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 20,3\%$ ,

$\text{FeO}^{(2)} = 6.0\%$ ,  $\text{MgO} = 0.7\%$ ,  $\text{CaO} = 4.8\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 7.2\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 5.8$ ,  $\text{TiO}_2 = 0.3\%$ . Una simile composizione mette in evidenza il carattere accentuatamente fonolitico del differenziato finale delle lave di questa ultima eruzione.

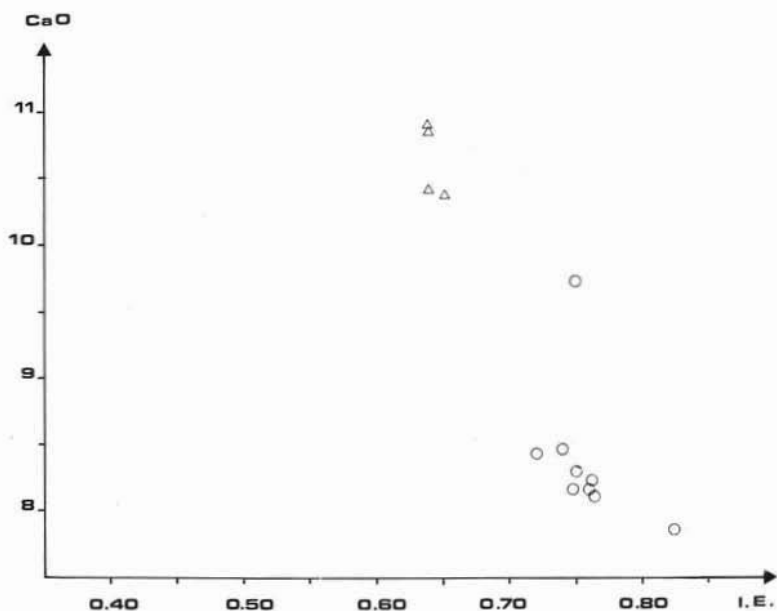


Fig. 10. — Diagramma CaO - I.E.. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

Sono stati analizzati quattro campioni di lava, dei quali tre (EC 3, VC 8, VC 11) sono stati prelevati a quote decrescenti lungo l'asse della teleferica ed il quarto (VC 13a) in prossimità del punto di uscita della colata diretti verso il centro abitato di Fornazzo. I valori analitici (tabella V) mettono in evidenza una buona omogeneità chimica. Le leggere oscillazioni osservabili nelle percentuali analitiche sono di regola ai margini dell'errore sperimentale salvo per il rapporto  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  che testimonia, per l'analisi VC 13a (campione prelevato al nucleo della colata) una pressione parziale di ossigeno apprezzabilmente minore.

(<sup>2</sup>)  $\text{Fe}_{\text{tot}}$ , espresso come FeO.



Questa differenza è di fatto rilevabile anche da un confronto fra le norme molecolari standard (tabella VI); infatti il campione VC 13a presenta un minore tenore in magnetite normativa controbilanciato da una maggiore incidenza del termine iperstenico, mentre i valori degli altri parametri sono del tutto paragonabili a quelli che si ottengono per i restanti campioni.

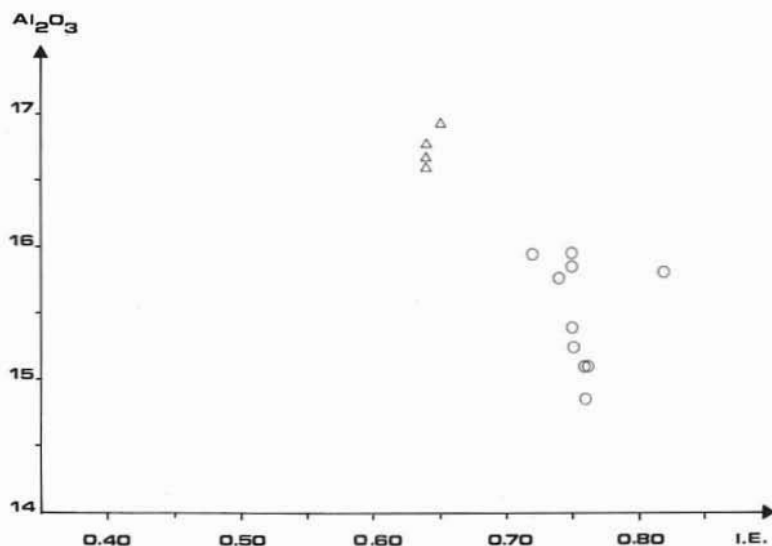


Fig. 11. — Diagramma  $Al_2O_3$  - I.E.. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

In termini niggliani, il chimismo delle lave analizzate (tabella VII) è inquadrabile in quello dei magmi Na-gabbroidi ed in particolare trova un termine di confronto nel tipo magmatico « essexitgabbrodioritisch » che caratterizza litotipi di transizione da termini basaltici a tefritici in ottimo accordo con quello riscontrato da Tanguy (1973) per prodotti della medesima eruzione. Facendo riferimento allo schema classificativo di Carapezza (1962) le lave in esame cadono a cavallo delle caselle relative ai basalti andesinici ed ai basalti andesinici nefelinici.

Un confronto fra i chimismi delle particelle vetrose con quello delle lave singenetiche, mette in evidenza per le prime, un arricchimento in  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$  ed un impoverimento in  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ . I valori degli altri ossidi rimangono pressochè costanti.

La presenza di fenocristalli (plagioclasio, clinopirosseno, olivina e magnetite) nelle particelle vetrose osservate, permette di ritenere probabile la formazione di tali particelle in un momento della storia magmatica compreso fra la cristallizzazione delle fasi di I<sup>a</sup> generazione e quella a giorno del liquido residuale il cui chimismo risulta ormai differenziato verso termini schiettamente fonolitici.

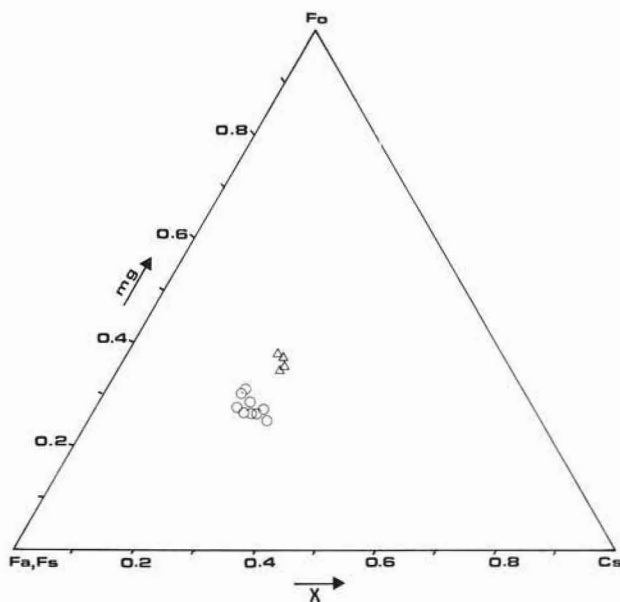


Fig. 12. — Diagramma Fo - Fa, Fs - Cs. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

Per chiarire i motivi di tali differenze, attribuibili nel complesso a fenomeni di differenziazione magmatica s.l., conviene riferirsi ad una serie di rappresentazioni diagrammatiche che possano illustrare i diversi aspetti di tale differenziazione.

Il diagramma Q-L-M (fig. 7) mette in evidenza il carattere lievemente differenziato dei vetri analizzati rispetto alle lave. I primi, infatti, risultano più ricchi in basi leucocrate. Un tale fenomeno è rilevabile con maggiore evidenza dall'esame del diagramma alcali/silice (fig. 8). In esso si può osservare infatti come i valori e degli alcali e della silice

siano maggiori nei vetri rispetto alle lave. Considerando tali variazioni nei termini della differenziazione magmatica, il carattere seriale permane nell'ambito del tipo « atlantico medio ». Infatti i valori di  $\sigma$  dei vetri analizzati costituiscono una sequenza continua ed intermedia fra quelli delle lave analizzate ed i termini fonolitici rappresentativi del liquido residuale della pasta di fondo (mesostasi):  $\sigma$  lave = 8,  $\sigma$  vetri =

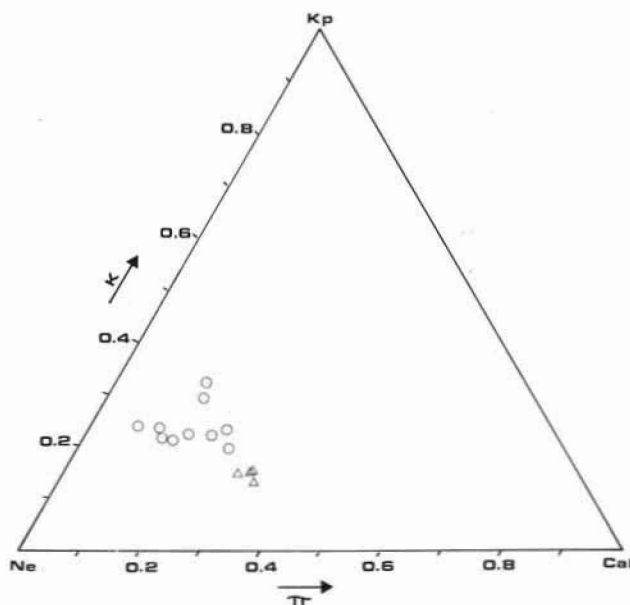


Fig. 13. — Diagramma Kp - Ne - Cal. I triangoli si riferiscono alle analisi di lave, i cerchi a quelle di particelle vetrose.

= 8-15,  $\sigma$  mesostasi = 16. Il carattere di tale differenziazione comincia a delinearsi nel diagramma  $k/mg$  (fig. 9) dove le lave risultano caratterizzate da un maggiore valore del rapporto rispetto a quello dei vetri analizzati in coerenza a processi di differenziazione per cristallizzazione frazionata.

Nell'ambito di tale tipo di differenziazione è possibile riconoscere le fasi mineralogiche di controllo da un esame dei diagrammi (figg. 10, 11) CaO/Arricchimento in ferro (I.E.) ed  $Al_2O_3$ /Arricchimento in ferro (I.E.), (Thompson e Tilley 1969). Da entrambi i diagrammi si

può osservare che i vetri e le lave presentano valori dei rispettivi parametri correlati negativamente. Mentre per i vetri, il minore tenore di CaO, collegato ad un maggiore valore di I.E., può essere il risultato del frazionamento di plagioclasio calcico e clinopirosseno calcico, il concomitante minore valore dell' $Al_2O_3$  in relazione all'I.E. dei vetri analizzati, chiarisce il ruolo essenziale del frazionamento del plagioclasio in tale tipo di differenziazione. Una tale situazione trova peraltro concomitante minore valore dell' $Al_2O_3$  in relazione all'I.E. dei vetri non presentano una sensibile variazione rispetto alle lave nel tenore in CaO legato ai femici. Al contrario, il diagramma (Kp), (Ne), (Ca) (fig. 13) mette in evidenza per le lave una maggiore incidenza del CaO legato ai plagioclasii in accordo con i risultati sperimentali sulle relazioni di fase ricostruite per queste lave etnee (Downes 1973). In quest'ultimo diagramma, la notevole dispersione dei punti relativi ai vetri analizzati, confrontata con l'uniformità dei valori calcolati per le basi melanocrate è indice di disomogeneità chimica all'interno degli elementi più mobili e quindi particolarmente sensibili alle diverse situazioni di disequilibrio termodinamico che si manifestano in un pirromagna in veloce risalita verso la superficie.

Da quanto sopra esposto appare evidente che i vetri vulcanici analizzati risultano dei differenziati, essenzialmente per fenomeni di frazionamento, delle lave singenetiche. Rimane da controllare la possibilità di generalizzare la validità di tali conclusioni su altri complessi vulcanici che, in ogni caso, abbiamo fornito materiale venuto a giorno

---

Fig. 14. — Sezione pseudoequatoriale di una particella vetrosa a morfologia complessa. La particella è costituita da vetro di colore marroncino in cui sono evidenti individui cristallini distribuiti isotropicamente e riconducibili a plagioclasii e clinopirosseni. Da notare inoltre il sistema di vescicole sviluppate lungo l'asse longitudinale della particella e con caratteri di isoorientazione probabilmente da riferire alla dinamica di emissione. Solo polar., 100  $\times$ .

Fig. 15. — Sezione pseudoequatoriale di una particella vetrosa a morfologia complessa. Essa risulta interessata da un'estensiva vescicolazione; la forma delle vescicole, spesso coalescenti, è rotondeggiante. Le cavità sono concentrate, in particolare, in vicinanza di individui cristallini inclusi e condizionano la morfologia esterna della particella stessa. Solo polar., 100  $\times$ .

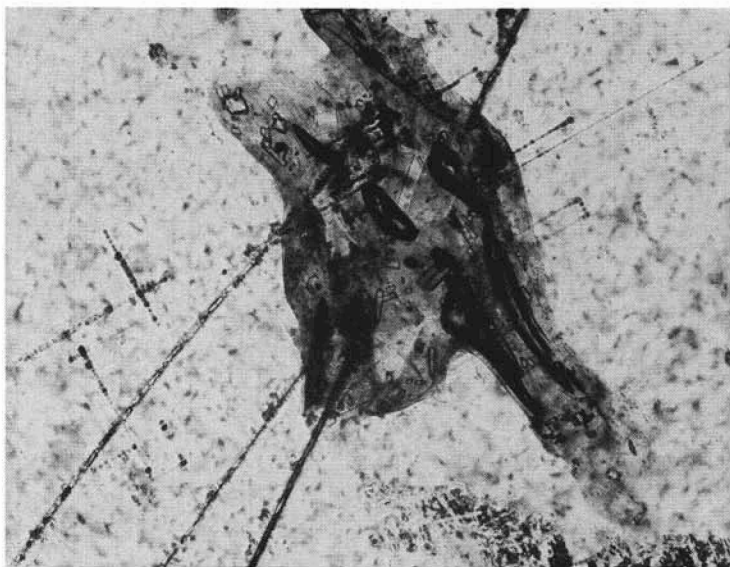


Fig. 14.

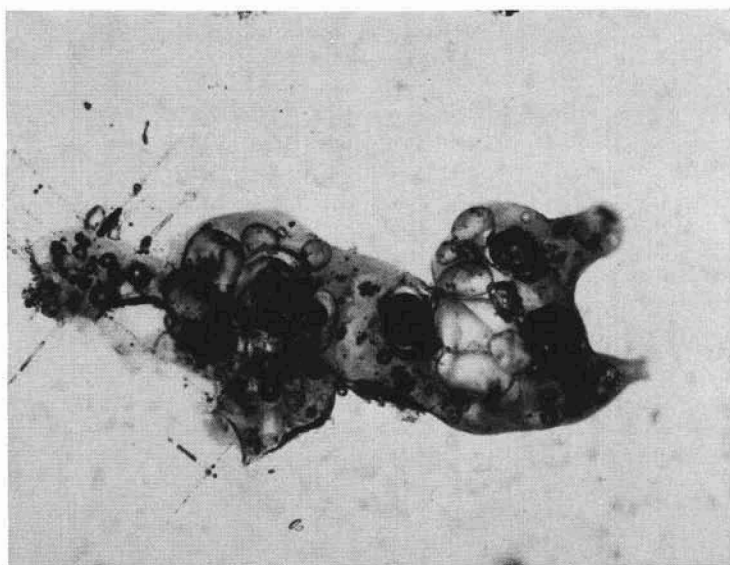


Fig. 15.

a temperature comprese fra quella del « liquidus » e quella del « solidus ». Per tali evenienze sembra possibile distinguere vetri di genesi vulcanica da vetri di genesi impattoclastica a parità di chimismo dei materiali di origine (ad es. impatto di meteoriti su rocce basaltiche od ignee s.l.). Nel caso di un impatto con produzione di onde d'urto abbiamo infatti vaporizzazione del corpo impattante e di quello impattato nel luogo di impatto. Allontanandoci da questo in senso radiale, avremo rispettivamente fusione e fratturazione del corpo impattato.

A causa di questi fenomeni le particelle vetrose che si formano per solidificazione del materiale fuso, mostrano rispetto alla roccia madre un sensibile impoverimento in alcali ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ),  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ , come è stato dimostrato sperimentalmente da Blander et al. (1970). Questi esperimenti hanno poi trovato una conferma su basi statistiche nelle analisi dei vetri del suolo lunare, i quali mostrano una deficienza in alcali rispetto alle rocce a chimismo corrispondente (Agrell et al. 1971).

Gli AA. ringraziano il Prof. Giancarlo Negretti per la lettura critica del manoscritto, il Dr. G. Cavarretta per le fotografie al microscopio elettronico a scansione ed il Signor Giolj Guidi per la collaborazione tecnica.

Roma, *Università degli Studi di Roma, Istituto di Petrografia*, giugno 1973.

---

Fig. 16. — Sezione pseudoequatoriale di un filamento. Il particolare evidenzia l'alterazione della morfologia del filamento stesso imputabile all'inclusione di individui idiomorfi di magnetite. La matrice vetrosa, costituita da vetro limpido di colore marroncino, contiene altresì microliti idiomorfi trasparenti, probabilmente riportabili a fasi di « quench ». Solo polar., 160  $\times$ .

Fig. 17. — Sezione pseudoequatoriale di una particella vetrosa a forma pseudoglobulare; essa ingloba un individuo di olivina, che ne occupa la maggior parte del volume. Solo polar., 160  $\times$ .

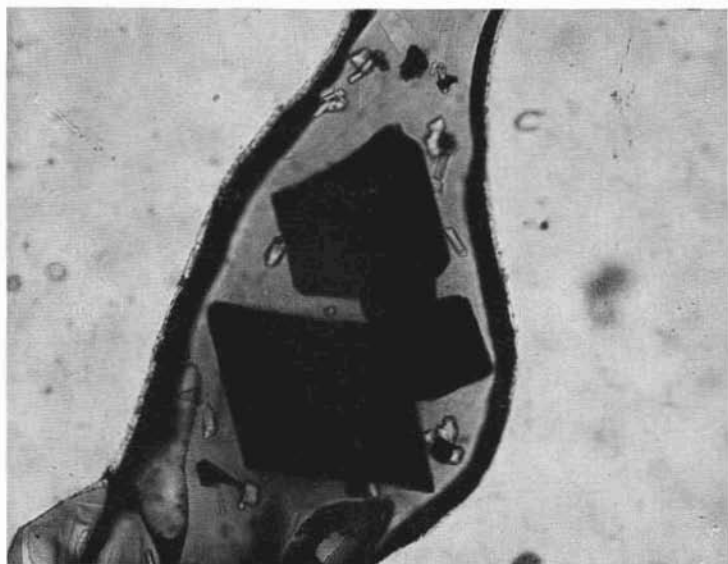


Fig. 16.

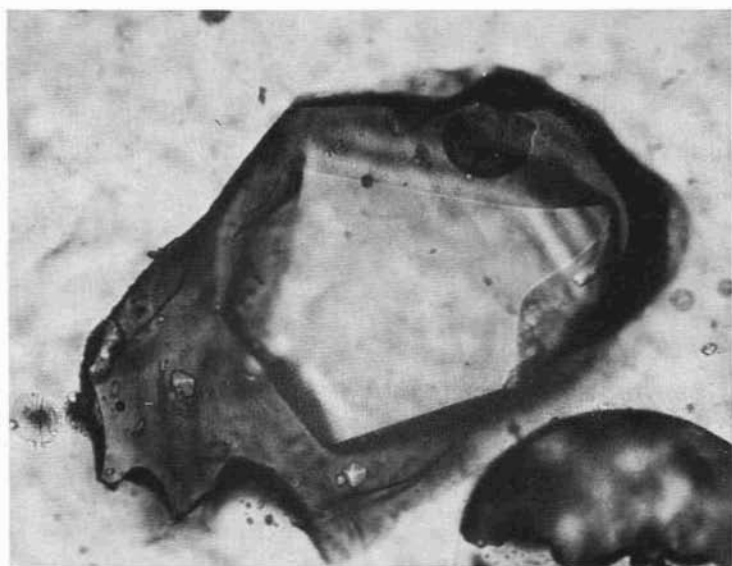


Fig. 17.

## BIBLIOGRAFIA

- AGRELL S. O., LONG J. V. P. e REED S. J. B. (1971) - *A comparison of glasses from Apollo 11 and 12 missions*. Second Lunar Science Conference (unpublished proceedings).
- BLANDER M., KEIL K., NELSON L. S. e SKAGGS S. R. (1970) - *Heating of basalts with a carbon dioxide laser*. *Science* 170, p. 435.
- BURRI C. (1959) - *Petrochemische berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- CARAPEZZA M. (1962) - *Caratteri petrochimici e litologici delle lave dell'Etna*. *Acta Mineral. Alpina*, Bologna 8, p. 281.
- DEER W. A., HOWIE R. A. e ZUSSMAN J. (1962) - *Rock forming Minerals, 1-5*, Longmans, London.
- DOWNES M. J. (1973) - *Some experimental studies on the 1971 lavas from Etna*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 274, p. 55.
- ENGELHARDT (von) W. e STÖFFLER D. (1968) - *Stages of shock metamorphism in crystalline rocks of the Ries Basin (Germany)*. In «Shock Metamorphism of Natural Materials», p. 159, eds. French e Short.
- ENGELHARDT (von) W., ARNDT J., MULLER W. F. e STÖFFLER D. (1970) - *Shock metamorphism of lunar rocks and origin of the regolith at the Apollo 11*. *Lunar Sci. Conference Geoch. Cosmoch. Acta*, supp. 1, 1, p. 363.
- RITTMANN A. (1967) - *I vulcani e la loro attività*. Ed. Cappelli.
- SPADEA P. (1972) - *Alcalibasalti tra le lave antiche dell'Etna nell'area di Piedimonte Etneo (Etna, NE)*. *Rend. Soc. Ital. Miner. e Petrol.*, XXVIII, p. 297.
- TANGUY J. C. (1966) - *Les laves récentes de l'Etna*. *Bull. Soc. Geol. de France*, 7, p. 201.
- TANGUY J. C. (1973) - *The 1971 eruption: petrography of the lavas*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 274, p. 45.
- THOMPSON R. N. e TILLEY C. E. (1969) - *Melting and cristallisation relations of kilauean basalts of Hawaii. The lavas of the 1959-60 Kilauea eruption*. *Earth Planet. Sci. Lett.* 5, p. 469.