

PIO DI GIROLAMO

RILEVAMENTO PETROGRAFICO-STRATIGRAFICO

LUNGO IL MARGINE SW DEL VESUVIO

MANIFESTAZIONE ERUTTIVA LOCALE E COLATE DI FANGO DEL 79 d.C.

RIASSUNTO. — Il rilevamento e lo studio petrografico delle rocce vulcaniche lungo un tratto del litorale del Vesuvio permette di descrivere i prodotti di un'eruzione di materiale piroclastico e lavico alquanto precedenti al 79 d.C. e attribuibili ad una « bocca » eccentrica preistorica formatasi nel periodo orvietitico del ciclo evolutivo del Somma-Vesuvio.

Si studiano inoltre le modalità di messa in posto per « colate di fango calde » dei prodotti dell'eruzione pliniana del 79 d.C., le caratteristiche morfologiche e i fenomeni di autopneumatolisi.

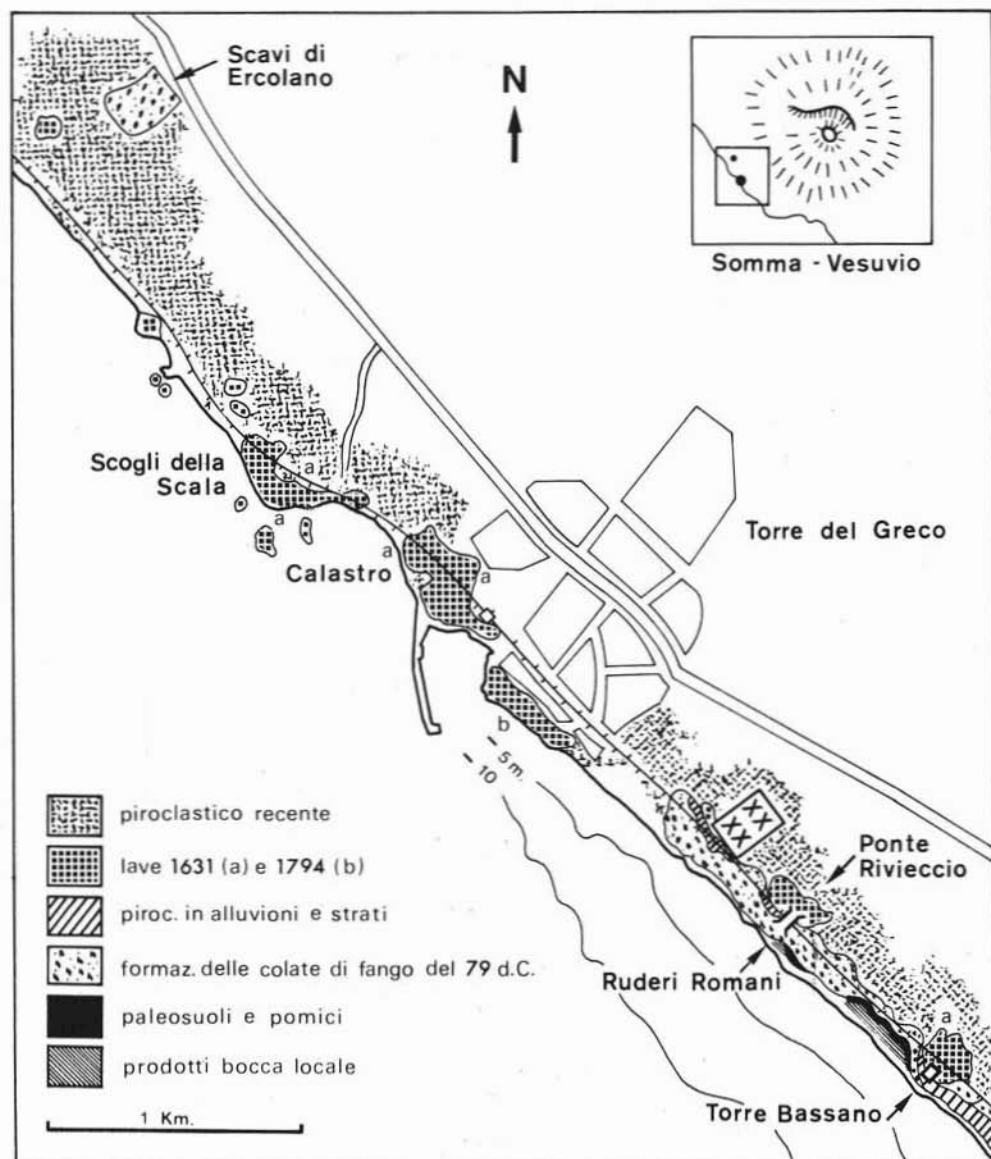
SUMMARY. — The survey and the petrographic study of volcanic rocks along a stretch of the shore of Vesuvius allow the Author to describe the products of an eruption of pyroclastic rocks and lava somewhat previous to 79 A.D. attributable to an eccentric prehistoric « mouth » in the Orvietitic period of the evolutionary cycle of Somma-Vesuvius.

Besides, the Author study how the products of the Plinian eruption of 79 A.D. were deposited, their « hot mudflow » morphological features and the autopneumatolytic phenomena.

Premessa.

Il litorale del Vesuvio presenta in più tratti zone di notevole interesse geologico-petrografico per lo studio dei prodotti vulcanici emessi dal 79 d. C. in poi (periodo vesuvitico).

E' noto che il Vesuvio propriamente detto è costituito, per lo meno riguardo ai prodotti superficiali, da materiali dell'ultimo periodo evolutivo del magma del Somma-Vesuvio, periodo che tradizionalmente si fa iniziare con l'eruzione pliniana del 79 d.C.. Lo studio petrografico nel tempo non è sempre agevole sull'edificio del Vesuvio anche se si ha un gran numero di interessanti colate laviche a volte datate almeno nel periodo che va dalla grande eruzione del 1631 in poi; tale



Carta geologica schematica dei prodotti vulcanici rilevati lungo il litorale del Vesuvio. (Gli spessori non sono in scala).

studio potrebbe essere proficuo solo mediante trivellazioni alquanto profonde.

Un buon numero di queste colate si è spinto fino alla base pianeggiante nei pressi del litorale e molte hanno raggiunto il mare. In questa zona pianeggiante è più facile studiare nel tempo l'attività del vulcano come, ad esempio, nella zona di Villa Inglese (nei pressi di Torre Annunziata) dove è messa in luce una successione di lave vesuvitiche (tefriti leucitiche leucititiche) emesse in ben otto secoli di attività [9, 17].

Lungo il litorale inoltre sono messe in vista, assieme a colate laviche, delle successioni di piroclastico nelle quali la più importante è una formazione guida (79 d. C.) che dà la possibilità di fare alcune osservazioni in un periodo relativamente antico.

In particolare lungo il tratto Torre Bassano-scavi archeologici di Ercolano (vedi carta geologica schematica) è possibile studiare le interessanti modalità di messa in posto dei prodotti del 79 d. C. per colate di fango; inoltre il criterio stratigrafico applicabile a questi prodotti su larghe zone mi ha dato la possibilità di studiare un'interessante formazione precedente al 79 d. C..

L'interesse di quest'ultima formazione deriva non solo dal fatto che è possibile segnalare prodotti antichi (orvietitici) del ciclo evolutivo del Somma-Vesuvio in una zona dove emergono quasi esclusivamente prodotti vesuvitici ma anche perchè essa rappresenta una « bocca » eruttiva locale (vedi conclusioni).

Riguardo tale bocca, dalla letteratura si rileva la sola segnalazione del Le Hon [13] che nel 1865 pubblicò uno studio sull'eruzione del 1631 e allegò una carta geologica in cui sono segnate due bocche nei pressi di Torre Bassano.

PARTE PRIMA

Bocca eruttiva locale del periodo orvietitico.

1. - DESCRIZIONE MACROSCOPICA E GIACITURA DELLA FORMAZIONE.

Lungo il litorale compreso fra Torre Bassano e Torre del Greco, in un tratto di km. 1 circa, emerge in quattro punti una interessante formazione.



Fig. 1. — Litorale del Vesuvio presso Torre Bassano.
 Veduta parziale dei prodotti della bocca locale costituiti dalla breccia in cui si
 insinua dal di sotto una lava (contornata con una linea). Al di sopra (freccia) la
 facies a stratificazione incrociata delle colate di fango del 79 d. C.

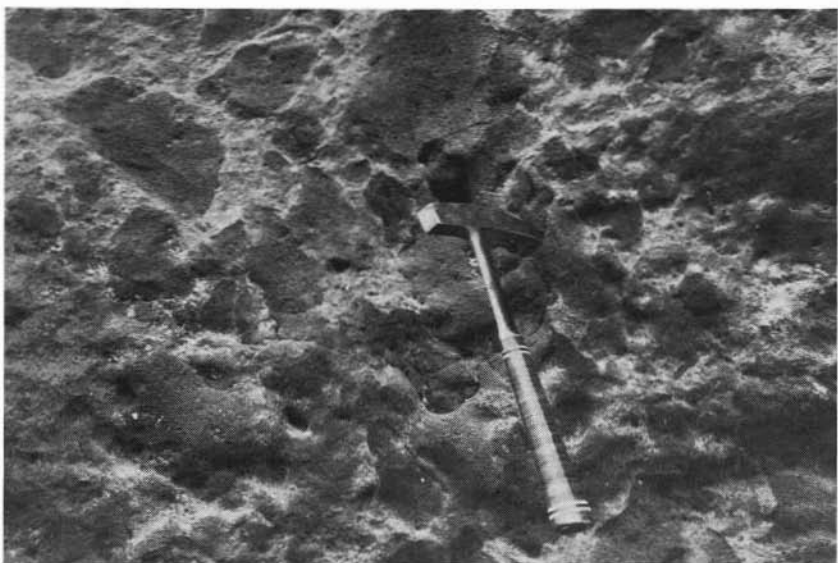


Fig. 2. — Particolare della breccia di fig. 1 costituita essenzialmente da scorie
 pomicee e cenere. Nei livelli bassi vicino alla lava, qui riprodotti, è di colore
 giallino e resa coerente in seguito al contatto della lava.

Tale formazione è in genere ricoperta dai prodotti piroclastici successivi (79 d. C. e più recenti), comunque nei pressi di Torre Bassano essa è messa in vista in più punti distanti fra loro poche decine di metri.

Circa m. 100 a NW di Torre Bassano questa formazione (figg. 1-2) è costituita da una breccia esplosiva a tessitura caotica formata essenzialmente da scorie pomicee e da cenere con qualche raro frammento di lava. Le scorie, di dimensioni molto variabili, superano qualche volta il mezzo metro di diametro (fig. 3).



Fig. 3. — Litorale del Vesuvio presso Torre Bassano.
Grossi elementi scoriaeci e lavici nella breccia della formazione locale.

Nella parte inferiore emerge una lava che si insinua con numerose apofisi nella breccia soprastante (fig. 4); la lava al momento della venuta a giorno doveva essere molto fluida e forse a temperatura piuttosto elevata. Infatti tale lava è afanitica, o per lo meno con rari fenocristalli, e le digitazioni sono a volte nastriformi con uno spessore di solo qualche centimetro; quelle di spessore intorno al decimetro si incuneano a volte per più di due metri.

Il raffreddamento della lava deve essere stato alquanto veloce per la tessitura compatta e la presenza di fratture subsferoidali (fig. 5); il passaggio lava-breccia è sempre abbastanza netto.

In seguito all'effusione della lava si sono avute azioni termiche che hanno portato ad una discreta litificazione della breccia nelle zone inferiori (1-2 metri) vicino alla lava dove tale breccia è anche diventata giallina per ossidazione; verso l'alto essa diventa gradatamente incoerente e di colore grigiastro a volte con patine rosso mattone.

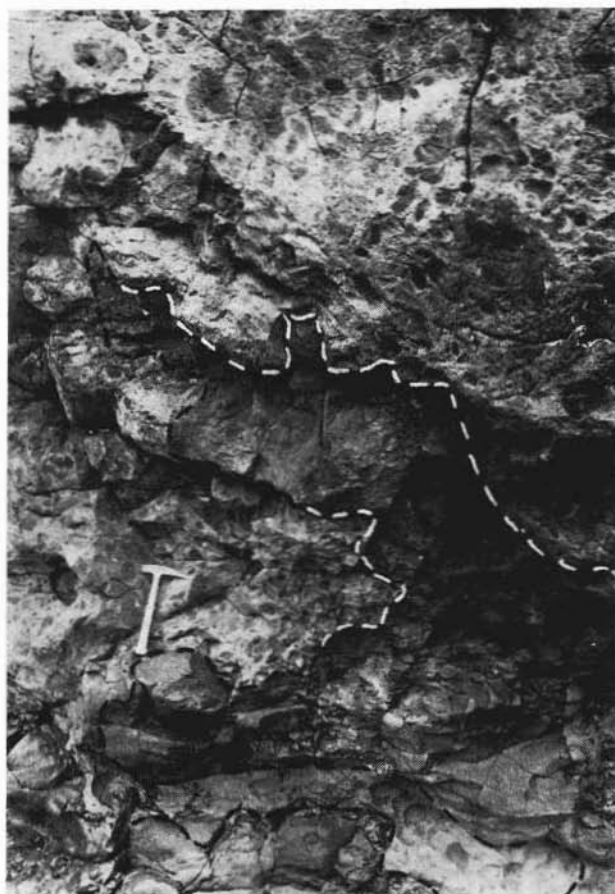


Fig. 4. — Litorale del Vesuvio presso Torre Bassano.
Prodotti della bocca locale: apofisi (tratteggiate) della lava nella breccia.

Il significato locale della lava incuneatasi è evidente ma è probabile che lo sia anche la breccia. Infatti oltre all'andamento cupoliforme o per lo meno lenticolare convesso della parte emergente della formazione (fig. 11) e alle scorie a volte di notevoli dimensioni si deve aggiungere che fino ad ora il rilevamento esclude la correlazione di tale breccia con qualsiasi altro prodotto piroclastico del litorale o dell'en-



Fig. 5. — Litorale del Vesuvio fra Torre Bassano e Ponte Rivieccio. Prodotti della bocca locale: fratture subsferoidali nella lava sotto la breccia.

troterra circostante il Somma-Vesuvio. Non molto probabile, per i vari caratteri, appare l'idea che la breccia possa derivare da una manifestazione centrale qui messa in posto unidirezionalmente con modalità del tipo delle nubi ardenti.

Questa formazione, come si è detto, emerge sul litorale ma non si hanno elementi sicuri per pensare che l'eruzione sia avvenuta in ambiente marino ⁽¹⁾. Mancano infatti i caratteri di macro e microstrut-

⁽¹⁾ Ringrazio il Prof. S. Cucuzza Silvestri dell'Ist. Vulcan. Univ. Catania, per le discussioni in merito.

tura dei prodotti ialoclastitici [3]: non si hanno frammenti vetrosi nè prodotti di « alterazione palagonitica » (zeoliti, cloriti, calcite ecc.), i frammenti di lava non hanno guaine vetrose nè emergono pillows o frammenti di questi. I caratteri prima descritti fanno pensare ad esplosione subaerea; comunque bisogna osservare che il rilevamento non permette uno studio areale approfondito tranne che lungo la direttrice del litorale e inoltre si deve tener presente il raffreddamento probabilmente rapido della lava iniettata (fig. 5).

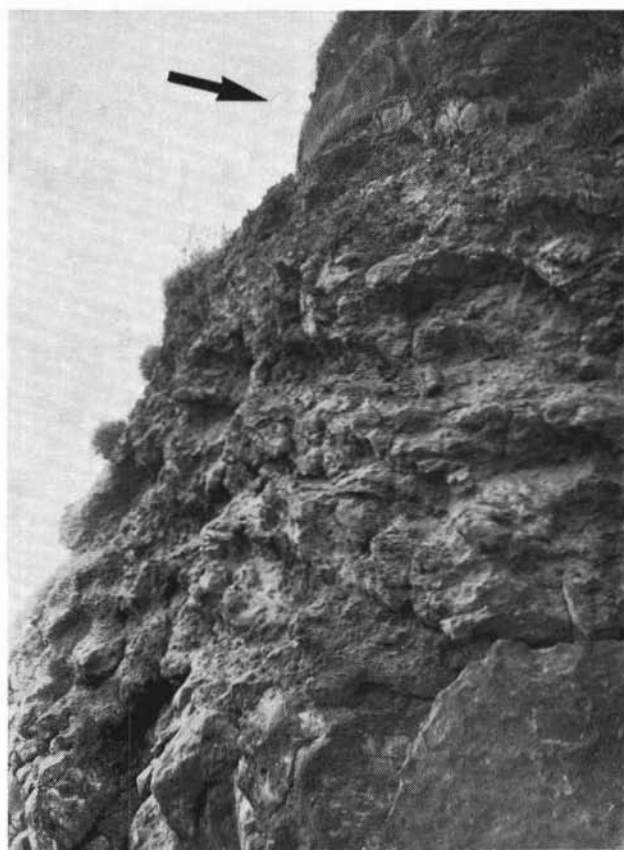


Fig. 6. — Litorale del Vesuvio fra Ponte Rivieccio e Torre Bassano. Prodotti della bocca locale: sistema di apofisi suborizzontali iniettatesi nella breccia e rese evidenti dall'erosione eolica differenziale. Sotto è visibile la lava, sopra (freccia) un paleosuolo pre-79 d. C.

A titolo indicativo può essere interessante osservare che la linea di spiaggia è in fase di avanzamento lungo tutto il golfo di Napoli; negli ultimi due millenni, ad esempio, ville del periodo romano situate lungo la costa a Baia, Posillipo (Napoli), Sorrento, Capri sono attualmente immerse nel mare per alcuni metri. Nel tratto del litorale vesuviano qui descritto si hanno presso Ponte Rivieccio (fig. 8 e carta geologica schematica) avanzi di una villa romana parzialmente interrata dall'azione del mare che avanza.

L'ingressione del mare è complessivamente continuata negli ultimi due millenni come si vedrà nella descrizione dei prodotti del 79 d. C. in facies di colate di fango.

Oltre all'affioramento ora descritto, che emerge per circa 4-5 metri di spessore ed è lungo m. 15 circa, si hanno altri tre affioramenti, sempre sul litorale in direzione NW; man mano che si va in tale direzione lo spessore emergente diminuisce e affiorano infine solo i livelli più alti della breccia incoerente come in località Ponte Rivieccio (fig. 8). Qui si ha una sezione molto interessante soprattutto riguardo la formazione delle colate di fango del 79 d. C. per la presenza di alcuni ruderi romani; sotto tale formazione si hanno inoltre tre paleosuoli ed infine emerge per un metro circa la breccia incoerente ed uno spuntone della lava.

In qualche punto, fra Torre Bassano e Ponte Rivieccio, la lava si è iniettata nella breccia con numerose apofisi e l'erosione selettiva (fig. 6) mette in evidenza le zone delle apofisi rispetto a quelle più erodibili della breccia.

Anche in direzione SE rispetto al primo affioramento descritto presso Torre Bassano (fig. 1) la formazione si immerge, anzi essa non è più visibile, sul litorale, dopo solo 100 metri circa all'altezza della Torre Bassano (fig. 15) mostrando quindi l'andamento lenticolare convesso (fig. 11) della sezione lungo il litorale. Un'eventuale forma a dosso non è dimostrata dallo studio delle isobate (vedi carta geologica) e questo era anche prevedibile: infatti le superfici eventualmente irregolari sono state quasi completamente spianate dalle colate di fango dei successivi prodotti del 79 d. C.

2. - ETÀ DELLA FORMAZIONE.

Riguardo l'età della formazione piroclastico-lava le osservazioni fino ad ora fatte, anche in relazione alla stratigrafia generale dei prodotti del Somma-Vesuvio, possono fornire dati cronologici solo indicativi ma comunque di un certo interesse suggerendo un'età relativamente alquanto recente.

Per il limite di età minima si deve osservare che la formazione è coperta dai prodotti del 79 d. C. ed inoltre fra essa e tali prodotti, come si vedrà meglio nella Parte Seconda, vi sono dei paleosuoli e tracce di prodotti pomicei di una o più eruzioni pliniane precedenti al 79 d. C. (figg. 8, 17).

Riguardo al limite massimo di età bisogna tener presente che i prodotti della bocca locale sono risultati orvietitici. Come è noto [18] l'evoluzione del magma somma-vesuviano ha portato il magma alcali-trachitico potassico, in seguito a sintesi carbonatica e differenziazione, a prodotti orvietitici (tefriti leucitiche fonolitiche) poi ad ottavianiti (tefriti leucitiche) e infine a vesuviti (tefriti leucitiche). In più punti ho osservato [6] i primi prodotti trachitici del Somma (eruzioni pliniane) al di sopra della « ignimbrite campana » (« tufo grigio campano » Auct.) e da questa separati mediante un paleosuolo.

L'ignimbrite campana possiamo datarla, con metodi stratigrafici e morfologici [1-7], come fase finale del Würm III. Allo stato attuale degli studi sull'ignimbrite campana si può dire inoltre che tale formazione risulta geologicamente unica anche se copre vaste zone delle cinque provincie campane.

Con le attuali osservazioni stratigrafiche si può concludere che la messa in posto di questa formazione locale presente sul litorale del Vesuvio è grossomodo alquanto successiva al Würm III e più antica di 2000 anni.

3. - INDAGINI CHIMICO-FISICHE.

Osservazioni in sezioni sottili.

Ai fini di conoscere il tipo magmatico ed eventuali minerali di neoformazione per il contatto della lava con la breccia sono state eseguite analisi chimiche, röntgenografiche, termiche ed osservazioni in sezioni sottili. I campioni sono stati prelevati, iniziando dal basso, nella lava (camp. 1), nella breccia giallina cementata (camp. 2) presso il

contatto con la lava e nella parte alta grigiastra e incoerente della breccia (camp. 3).

La lava, macroscopicamente grigiastra e essenzialmente afanitica, presenta in sezione sottile una struttura microcristallina che costituisce l'abbondante massa di fondo. I pochi fenocristalli sono dati da augite marrone verdastra con angolo $c^{\wedge}\gamma$ di 44-46°; a volte è più diopsidica verso il centro e sono frequenti le zonature.

Nella massa di fondo microcristallina si nota plagioclasio labradoritico ($An \approx 65\%$), poco sanidino spesso mal riconoscibile, pirosseno, biotite, magnetite; la leucite, relativamente poco abbondante e a volte analcimizzata, è spesso poco riconoscibile presentandosi anche in plaghettes allotriomorfe; a volte questo feldspatoide, rotondeggiante e birifrangente, include microliti di pirosseno o feldspato. I cristalli di feldspato presentano spesso un contorno sfumato negli individui più piccoli. Il vetro presente nella massa di fondo non è fresco ma microcristallizzato.

Questa lava, tefritica leucitica fonolitica, per le sottili apofisi iniettate nella breccia e la povertà di fenocristalli sembra essere stata emessa piuttosto fluida e a temperatura elevata. La struttura della roccia, alcuni caratteri dei minerali descritti e le fratture subsferoidali suggeriscono un raffreddamento alquanto veloce.

La breccia giallina cementata, che macroscopicamente è costituita essenzialmente da scorie pomicee e da cenere, risulta in sezione sottile formata da scorie molto bollose e da una cenere microcristallina. Nella parte microcristallina si notano microliti di pirosseno, aghetti o plaghe di feldspato e una polvere semiopaca birifrangente. Una vera sostanza vetrosa in effetti non si nota perchè la massa cineritica si è cristallizzata anche se in microliti molto piccoli. I granuli di magnetite sono di dimensioni più grosse che nella parte lavica. Le scorie presentano bolle alquanto isorientate; la loro massa vetrosa è ricca di microliti di feldspato, isorientati secondo l'allungamento delle bolle, e microliti di pirosseno.

Tutta la massa cineritica è quindi microcristallizzata e il fattore della cementazione sembra dovuto essenzialmente alla neocristallizzazione di feldspati. Un addensamento di microliti di feldspato è a volte osservabile al contatto fra lava e breccia; a volte, inoltre, intorno a qualche fenocristallo di feldspato si nota un'aureola pure di feldspato neocristallizzato. Non sono evidenti neoformazioni di zeoliti.

Nella parte alta della breccia, lontana dalla lava e meno cementata, alcune sezioni sottili nelle scorie pomicee mostrano il vetro poco devetrificato o solo con guaine di microliti birifrangenti feldspatici sulle pareti dei vucooli.

Analisi chimiche.

I risultati delle analisi chimiche, riportati in tabb. I-II-III, indicano che si tratta di tefriti leucitiche fonolitiche molto vicine alle or-

TABELLA I.
Analisi chimiche dei prodotti della bocca locale.

(An. P. Di Girolamo)

	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3
SiO ₂	50,93	49,66	49,91
TiO ₂	0,85	0,85	0,80
ZrO ₂	0,03	0,03	0,03
Al ₂ O ₃	18,07	17,50	17,97
Fe ₂ O ₃	4,45	6,97	6,52
FeO	3,48	1,20	1,45
MnO	0,11	0,10	0,11
MgO	2,89	2,87	2,77
CaO	7,62	7,79	7,74
BaO	0,25	0,15	0,20
K ₂ O	5,59	5,98	5,53
Na ₂ O	3,08	2,69	2,85
Cl ₂	0,10	0,09	0,07
SO ₂ (*)	0,34	0,48	0,16
P ₂ O ₅	0,50	0,44	0,54
H ₂ O ⁻	0,24	0,61	0,58
H ₂ O ⁺	0,82	0,88	1,49
CaCO ₃	—	—	0,30
NaCl	0,92	1,80	0,98
	10,27—	100,09—	100,01—
O/Cl ₂	0,02	0,02	0,02
	100,25	100,07	99,99

Camp. 1 - Lava sottostante.

Camp. 2 - Breccia coerente giallina a contatto con la lava.

Camp. 3 - Livelli alti incoerenti della breccia.

(*) La quasi totalità di SO₂ è legata come solfati di Ca e Na estranei alle rocce e derivati, con NaCl, dall'acqua del mare.

TABELLA II.
Valori di Niggli e coefficienti di Rittmann.

Valori di Niggli e altri parametri				
	Camp. 1	Camp. 2	Camp. 3	Orvietite Toscanello
si	144,2	142,6	143,5	140
al	30,1	29,7	30,4	29
f	17,9	} 30,1 fm	17,9	} 29,3
m	12,2		12,2	
e	21,6	22,4	22,5	23
kal	10,2	} 18,2 alk	10,9	} 17,8
natr	8,0		6,9	
k	0,56	0,61	0,57	0,64
mg	0,41	0,41	0,40	0,48
Si°	0,83	0,83	0,84	
ti	1,7	1,7	1,7	
aq	10,0	14,3	20,2	
al'	24,4	24,8	25,5	
σ	9,5	11,3	10,2	

Tipo magmatico: normalmonzonitico.

Coefficienti di Rittmann								
	SiO ₂	Al	Alk	CaO	FM	k	ca''	an
Camp. 1	50,93	16,26	10,21	7,62	14,18	0,55	3,99	0,23

Campo C₆: tefrite leucitica fonolitica.

vietiti tipiche della zona di Tuscania (Viterbo) riportate da P. Niggli (tab. II) e non si notano variazioni sensibili nei tre campioni analizzati.

Si tratta quindi di una manifestazione del magma del Somma avvenuta nel periodo orvietitico del ciclo di evoluzione di questo vulcano. Un'osservazione petrografica, che non può comunque avere uno

stretto significato temporale, è che le orvietiti, interposte fra i primi prodotti trachitici e le ottavianiti, sono petrograficamente più vicine alle seconde che ai primi.

Tale formazione si avvicina per i caratteri petrochimici alle orvietiti sottoposte alle ottavianiti sul Somma [18] o rinvenute in trivellazioni nel settore SE della pianura circumvesuviana sotto tre eruzioni pliniane la più recente delle quali è quella del 79 d. C. [9].

TABELLA III.
Norma Niggli (variante leucitica).

Campione	Sanidino	Plagioclasio		Leucite (*)	Nefelina Sodalite	Augite	Olivina	Biotite	Magnetite	Ematite	Rutilo	Apatite
		Ab	An									
1	22,2	24,2	19,2	8,2	1,0	14,2	1,8	3,0	4,6	—	0,5	1,1
		43,4 (An 44,2%)										
2	24,3	20,5	18,8	10,4	1,0	16,4	1,6	—	1,8	3,8	0,5	0,9
		39,3 (An 47,8%)										
3	23,3	23,9	20,3	8,8	0,5	14,2	1,8	—	2,6	2,9	0,5	1,2
		44,2 (An 45,9%)										

(*) Parte di Le della roccia è sotto forma di analcime.

Riguardo la composizione mineralogica normativa (tab. III) si deve osservare che il calcolo è stato eseguito sulla base di un'augite a lieve tendenza diopsidica, alquanto simile a quella osservata nei campioni in oggetto, isolata e analizzata da una lava del Vesuvio relativamente recente; il plagioclasio normativo è più acido di quello modale per la probabile presenza di sodio nel sanidino e per un certo grado di analcizzazione riscontrato nella leucite; inoltre la percentuale di sanidino normativo, spesso non bene osservata in sezioni sottili, potrebbe in parte trovarsi in soluzione solida con plagioclasio acido.

Il contatto della lava con la breccia ha portato verosimilmente solo ad una cristallizzazione essenziale della massa cineritica vetrosa, quindi senza variazione di composizione chimica, con neoformazione soprattutto di feldspati ed ossidazione di Fe''.

Si deve notare che nel piroclastico incoerente la « tufizzazione » in genere deriva da autocementazione di ambiente idrotermale con neoformazione di zeoliti (soprattutto herschelite, cabasite, phillipsite [23]) o sanidino. Zeolitizzazione, ad esempio, è avvenuta nel tufo giallo napoletano [15, 20], nella facies gialla dell'ignimbrite campana [7], nei tufi giallo rossastri del Vulcano Laziale [11] ecc.; neoformazione di sanidino si è avuta nell'ignimbrite campana con passaggio graduale a tufo, tufo pipernoide, piperno [7].

Tali neoformazioni autopneumatolitiche si hanno in ambiente basico ricco di H₂O e a temperatura non molto elevata con particolare riguardo alle zeoliti il cui prodotto di partenza sia piroclastico sciolto più o meno vetroso. In laboratorio zeoliti si sono ottenute in ambiente alcalino a temperatura di 235-280°C e pressione di 30-60 kg/cm² con un trattamento di 15-30 ore [23]; un trattamento più prolungato può probabilmente portare agli stessi risultati facendo agire pressioni e temperature molto più basse e quindi più vicine ai fenomeni naturali [10].

Nei prodotti della bocca locale descritta la mancata neoformazione di zeoliti, nella breccia a contatto con la lava, potrebbe derivare soprattutto dalla temperatura elevata e povertà di H₂O.

Analisi termiche e röntgenografiche.

L'analisi termico differenziale non ha mostrato in nessun campione la presenza di zeoliti che sarebbero potute essere eventualmente la sostanza cementante della breccia a contatto con la lava. Anche l'argillificazione è risultata inesistente. L'assenza di tali neoformazioni rende il chimismo iniziale inalterato. Si sono notate a volte solo tracce di cabasite (effetto endotermico a 250° circa) nella breccia cementata e una lieve analcimizzazione (effetto endotermico a 400° circa) nella lava. Tutti i campioni mostrano la presenza di NaCl derivato dall'acqua del mare.

I *debye* hanno messo in evidenza la presenza di plagioclasio, sanidino, interferenze dell'augite e qualcheuna fondamentale della leucite e analcime.

Determinazione di U^{238} e Th^{232} .

Sono state determinate ⁽²⁾ le concentrazioni di U^{238} (equivalente Ra^{226}) e Th^{232} nella lava orvietitica della formazione locale (camp. 1) che si incunea nella breccia; per il primo isotopo si è avuto un valore di 5,5 p.p.m., per il secondo 20 p.p.m. Tali concentrazioni di torio sono molto simili a quelle determinate su alcune colate laviche orvietitiche rinvenute nel sottosuolo della zona di Pompei [9], mentre quelle di U (eq. Ra) si discostano dai valori medi di U (eq. Ra) riscontrati nelle orvietiti ⁽³⁾.

PARTE SECONDA

Colate di fango (lahar) del 79 d. C. e prodotti successivi.

1. - LE « COLATE DI FANGO CALDE » DEL 79 D. C.

I prodotti piroclastico-lava della bocca locale rappresentano i materiali più antichi affioranti sul litorale del Vesuvio. Essi sono coperti da una formazione, che supera a volte i 10 metri nella parte emergente, di piroclastico costituito da ceneri grigio chiare, pomici biancastre e verdastre e subordinatamente da scorie più o meno grosse, frammenti di lava leucitica e più rari frammenti carbonatici e argilloso-arenacei.

Questo banco di piroclastico, emergente fra Torre del Greco e Torre Bassano, è di alto interesse per la geologia lungo il litorale e rappresenta i prodotti dell'eruzione pliniana del 79 d. C. in facies di colate di fango. Tale eruzione pliniana dette prima pomici differenziate leggere fonolitiche leucitiche (pomici bianche) e vicoitiche (pomici grigio verdognole) e poi ceneri e lapillo ottavianitici derivati soprattutto dalla distruzione della parte alta del Somma [5]; lo spessore di questa serie in posto è in media m. 3,5.

L'attribuzione a tale eruzione deriva dalla posizione stratigrafica e dalle caratteristiche petrografiche identiche a quelle che si riscontrano agli scavi archeologici di Ercolano (figg. 7, 10, 14).

⁽²⁾ Determinazioni eseguite dal prof. P. Gasparini e dalla dott.ssa L. Civetta dell'Ist. di Fis. Terr. dell'Univ. di Napoli.

⁽³⁾ La differenza potrebbe essere dovuta ad un dilavamento di U (sotto forma di composti uranilici) da parte delle acque del mare.

Sul litorale, in più, è possibile osservare in località Ponte Riveccio i ruderi di una villa romana investita dalla colata di fango del 79 d. C. (fig. 8). I ruderi, poco noti e ormai in continuo franamento, rappresentano gli avanzi di una villa piuttosto grande. Probabilmente tale villa, in opus reticulatum e con pilastri in laterizi, doveva essere



Fig. 7. — Scavi archeologici di Ercolano.

La formazione delle «colate di fango calde» (lahar) derivate dall'eruzione pliniana del 79 d. C. che coprirono la cittadina. In basso è visibile la facies in colate (A) in cui l'ambiente idrotermale neformò zeoliti (cabasite) e dette luogo a qualche «fumarola senza radice», in alto (B) si ha la «facies fredda» a stratificazione incrociata. In primo piano ruderi romani.

a più ordini: uno, attualmente in vista, con la facciata che presenta nicchie ornamentali e che forse rappresentava il sostegno di una terrazza, un altro piano superiore più arretrato ed ora inesistente e forse un primo piano ora ancora interrato.

Il piano superiore probabilmente fu travolto dalle ondate della colata di fango del 79, infatti una decina di metri più a NW (fig. 10) la

colata di fango include travi di legno e frammenti di muratura riferibili a questa villa ⁽⁴⁾.

Nella fig. 8 si notano sotto i prodotti del 79 d. C., in facies a stratificazione incrociata, alcuni paleosuoli e infine un metro circa della breccia incoerente rappresentante la parte alta della formazione locale



Fig. 8. — Litorale del Vesuvio, località Ponte Rivieccio.

Avanzi della facciata di una villa romana, forse a tre ordini, di cui il più alto distrutto dalle colate di fango del 79 d. C.; frammenti di questo ordine si rinvennero nelle colate qualche decina di metri più a NW (fig. 10). In basso (A) è visibile la parte alta incoerente della breccia della bocca locale, nel mezzo (B) paleosuoli e pomici, in alto (C) la facies a stratificazione incrociata delle colate di fango (lahar) del 79 d. C.

prima descritta; emerge anche uno spuntone di lava della formazione. I paleosuoli sono tre e derivano da ceneri humificate, ognuno è di colore avana sopra e giallastro sotto; fra il secondo e il terzo paleosuolo vi è uno straterello di pomici di un'eruzione pliniana (fig. 17).

(4) Dalla giacitura dei frammenti dei ruderi si può arguire che il complesso dell'edificio romano fu in parte distrutto dalla sere di pomici venute via area e in parte dalle colate di fango.

Lo studio della formazione del 79 d. C. lungo la zona rilevata permette di conoscere le modalità di messa in posto di questo interessante lahar che rientra nei tipi di « colate di fango calde ».

La grande quantità di pomici e ceneri emesse nel corso dell'eruzione si era deposta via aerea su tutti i settori del vulcano e in vaste zone della Campania coprendo un'area superiore ai km 40×50 [6]. L'area coperta, grossolanamente circolare, comprende zone distanti fino a km 40 dal cratere del Vesuvio. La « serie piroclastica » del 79 in posto si può osservarla in moltissimi punti, ad esempio agli scavi archeologici di Pompei e sul Somma nel settore di Ottaviano [5, 6]. Come si è detto cominciando dai primi prodotti emessi si hanno, dal basso, pomici fonolitiche leucitiche sotto biancastre, sopra grigiastre che rappresentano i prodotti neogenici dell'eruzione, poi si hanno straterelli di lapillo e ceneri pisolitiche a chimismo ottavianitico derivati dalla distruzione delle pareti del condotto e delle parti alte dell'edificio del Somma.

I lanci dell'eruzione probabilmente furono obliqui o per lo meno « non NW »; Napoli infatti, distante circa km 15 a W-NW del Vesuvio, non fu investita dalle pomici; le zone di Salerno e Avellino, situate a SE e a E-NE del Vesuvio ad una distanza di circa km 40, furono invece investite dalla serie quasi completa. La parte orientale di Napoli credo che probabilmente sia stata coperta solo dalle ceneri pisolitiche identificabili con le ceneri pisolitiche stratificate (m. 1-2) che si rinvengono sopra le piroclastiti incoerenti del « terzo periodo flegreo » [21] sfumando nel terreno agrario.

Certamente i prodotti della serie in posto furono i primi materiali che investirono anche Ercolano e le zone circostanti. La serie del 79 d. C. che si trovava sulle pendici del vulcano incombeva sul litorale in studio e la massa, il cui spessore medio superava m. 3,5, fu mobilizzata soprattutto dalle piogge occasionali che accompagnarono l'eruzione nel corso dell'emissione delle ceneri formando le pisoliti inglobate in queste; probabilmente nel banco erano ancora contenute piccole quantità di vapori magmatici. La formazione scorse lungo il declivio formando una massa caotica ad alta capacità di trasporto che trascinò anche grossi blocchi più o meno scoriacei mescolati alle ceneri, pomici, lapillo e sedimenti del substrato del Somma-Vesuvio.

Questa ondata investì le zone basse del vulcano e il litorale formando un banco che spesso supera i 10 metri. Le eventuali ondulazioni del substrato furono colmate e spianate.

Si ha la prova che le ondate furono per lo meno due come si nota agli scavi di Ercolano e nella fig. 9 che riporta la situazione sul litorale a Torre del Greco.

Dopo la messa in posto di queste colate le acque dilavanti provenienti sempre dai settori a monte trasportarono il resto del materiale formando, sul banco caotico in facies di colata, una successione di stra-



Fig. 9. — Litorale del Vesuvio a SE di Torre del Greco.

Colata di fango (lahar) del 79 d.C. formata da due ondate successive (delimitate dalle frecce).

terelli e lamine a stratificazione incrociata costituiti da materiali più sottili e in genere con pomice arrotondate. Queste due facies, caotica in basso e a stratificazione incrociata in alto, sono visibili nelle figg. 7, 10, 14 che ritraggono il lahar del 79 d. C. nella « zona classica » degli scavi archeologici di Ercolano e sul litorale a SE di Torre del Greco (vedi carta geologica).

Nella foto di fig. 10 eseguita sul litorale fra Ponte Rivieccio e Torre del Greco, una decina di metri a NW della villa romana prima descritta (fig. 8), si notano nella parte bassa della colata frammenti di muratura in laterizi e le impronte di travi di legno di abete riferi-

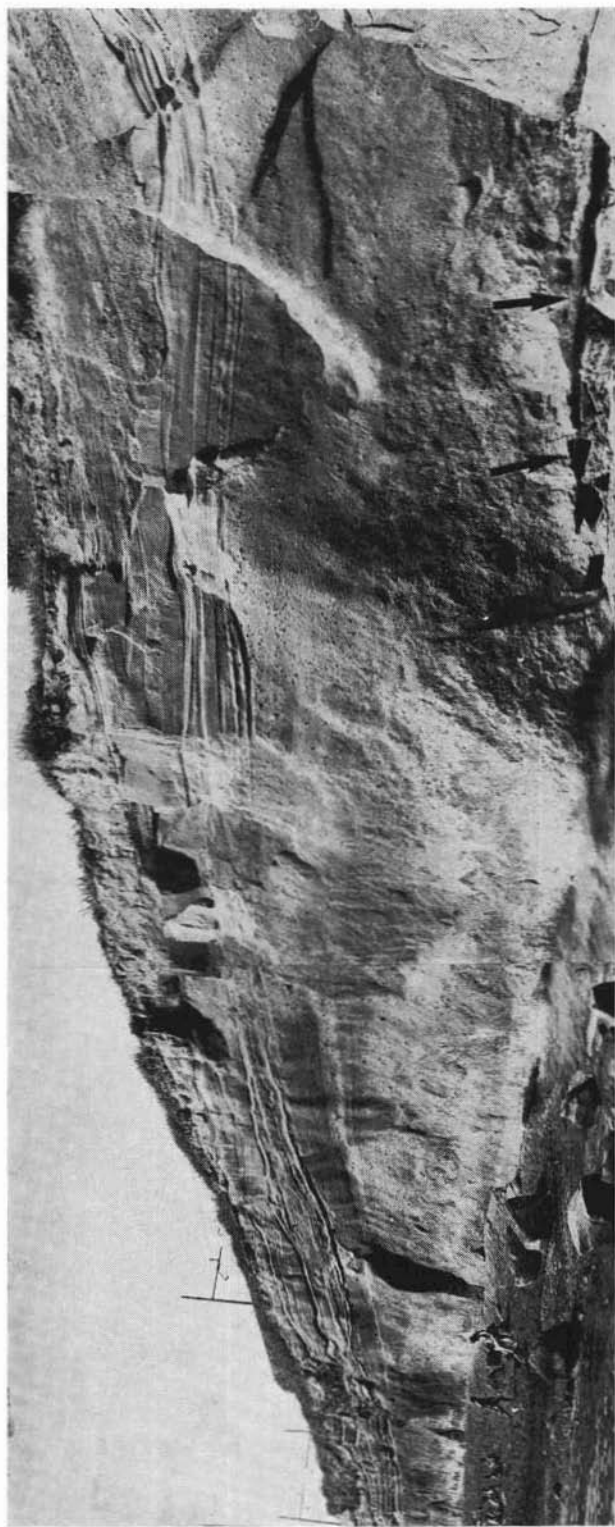


Fig. 10. — Litorale del Vesuvio fra Ponte Rivieccio e Torre del Greco.

Formazione del lahar (« colate di fango calde ») del 79 d. C., sotto in facies di colata, sopra a stratificazione incrociata. Nella parte bassa della colata, sulla destra (frece), si notano frammenti di edilizia in laterizi e fori rettangolari occupati precedentemente da travi di legno riferibili alla villa romana di fig. 8.

bili al piano superiore della villa romana distrutto dalla colata. Queste travi sono ora lambite dal mare e sono state messe a giorno dai franamenti della colata in seguito alla sottoescavazione prodotta dalle onde; tali franamenti, certamente recenti, dimostrano la lenta ingressione del mare tuttora in atto.

La venuta successiva della facies stratificata si ebbe dopo che la parte in colata, molto mobile, si fu adagiata sulle zone meno acclivi.

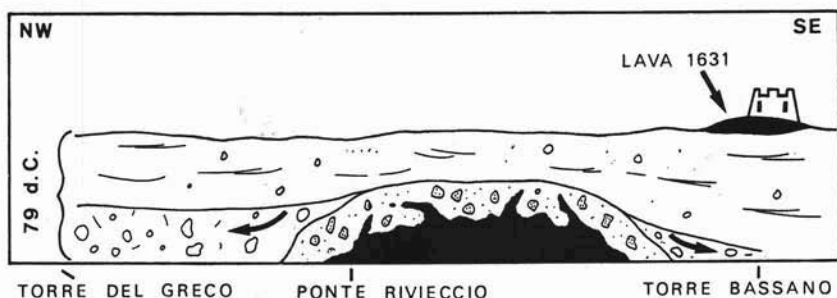


Fig. 11. — Andamento schematico a cupola della formazione piroclastico-lava della bocca locale e messa in posto della formazione delle colate di fango (lahar) dell'eruzione pliniana avvenuta nel 79 d.C..

Questa osservazione può spiegare perchè troviamo solo la facies stratificata e non quella in colata nella zona di affioramento della bocca locale (figg. 1, 8) mentre invece troviamo quella in colata man mano più abbondante lungo il litorale in direzione NW verso Torre del Greco. Infatti tale colata probabilmente scivolò dalla sommità del dosso per adagiarsi nelle zone meno acclivi. Anche a SE dei prodotti della bocca locale, presso Torre Bassano, si ha sopra questi solo la facies stratificata (fig. 15) che ha livellato il terreno colmando lo scoscendimento del substrato formato dai prodotti della bocca locale.

Queste due modalità di messa in posto spiegano la situazione geologica ora osservabile ed anche, più o meno direttamente, l'andamento cupoliforme o per lo meno lenticolare convesso (osservabile) dell'affioramento della bocca locale (fig. 11).

Considerando lo spessore della formazione del 79, che supera spesso i 10 metri, la linea di spiaggia, in queste zone lievemente de-

gradanti verso il mare, dovette arretrare notevolmente in seguito all'eruzione.

Come ho già riferito, fra i prodotti del 79 d. C. e quelli della bocca locale (figg. 8, 17) si hanno tre paleosuoli dello spessore complessivo di m 2,30 con i resti di un banco di pomici. Tali orizzonti potrebbero correlarsi in parte con le formazioni di eruzioni pliniane e paleosuoli rinvenibili sul Somma e in altre zone più lontane sotto la serie del 79 [6].

Autopneumatolisi e alterazioni nelle colate di fango del 79 d. C.

Come si è detto le pisoliti nelle ceneri del 79 d. C., soprastanti le pomici, possono suggerire la caduta di pioggia forse nelle ultime « fasi distruttrici » dell'eruzione.

Tali acque meteoriche rappresentano quindi la causa prossima della mobilizzazione della serie adagiata sui pendii del vulcano. Anche se lo scivolamento avvenne dopo la fine dell'eruzione è probabile che vi era nella massa fangosa ancora del calore residuo.

Ho eseguito (fig. 12) analisi termico differenziali in campioni dei livelli bassi a tessitura caotica prelevati agli scavi di Ercolano, in essi è risultata, come minerale di neoformazione, la presenza di cabasite (accertata anche al Debye con uno spettro alquanto netto). Questo indica la permanenza di un ambiente idrotermale che probabilmente era di temperatura alquanto modesta come indicano le esperienze di laboratorio sulla neoformazione di zeoliti.

Nei livelli bassi di questa formazione si notano in qualche punto « fumarole fossili senza radice ».

Occorrerebbero studi diretti sul materiale in toto delle colate di fango del 79 ⁽⁵⁾ comunque, con particolare riguardo alla neoformazione di cabasite, si può ricordare che genericamente la temperatura di formazione non è elevata; alla laumontite (chimicamente molto simile alla cabasite) è stata attribuita, in base ad osservazioni sul terreno, una temperatura di circa 200°C [2], a temperatura molto più bassa (70°C) si è osservato la formazione di cabasite da acque termali [4]. Zeoliti a bassa temperatura sono state ottenute per trasformazione in ambiente

(⁵) Herchelite è stata ottenuta dalle pomici del 79 preventivamente fuse ($t = 280^{\circ}\text{C}$, $p = 60 \text{ kg/cm}^2$ in presenza di $\text{K}(\text{OH})$ 1%); nelle stesse condizioni sul prodotto naturale si è ottenuto analeime [22].

alcalino di vetri naturali (pomice riolitiche di Lipari e trachitiche dei Campi Flegrei); K-cabasite si è avuta a 80°C circa con trattamento da 1 a 30 giorni, tale durata si riduce a qualche giorno per concentrazioni alte di K(OH) (3-5 N) [10].

I livelli alti delle colate di fango in facies a stratificazione incrociata derivati dall'accumulo successivo di straterelli portati dalle acque dilavanti avevano certamente perduto il loro calore residuo; qui infatti non si hanno zeoliti in quantità apprezzabile ma solo halloysite derivata da alterazione atmosferica.

Riporto in fig. 12 le curve di D.T.A. dei due livelli caratteristici.

La tuffizzazione a bassa temperatura delle colate di fango del 79 d. C. può avere un importante significato nelle interpretazioni petrografiche di alcuni tufi i cui caratteri geologici o tessiturali sugge-

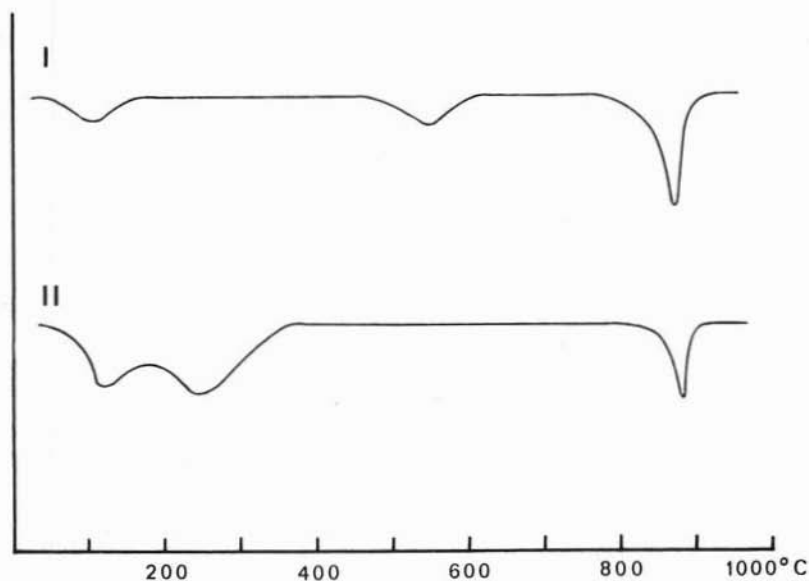


Fig. 12. — Differenziogrammi nella formazione delle colate di fango calde (lahar) del 79 d. C.

I - Facies superiore a stratificazione incrociata: halloysite di alterazione atmosferica.

II - Facies inferiore in colate: cabasite.

Prescindendo dalla normale acqua igroscopica, nei due campioni sono presenti frammenti di CaCO_3 del substrato sedimentario del Somma-Vesuvio.

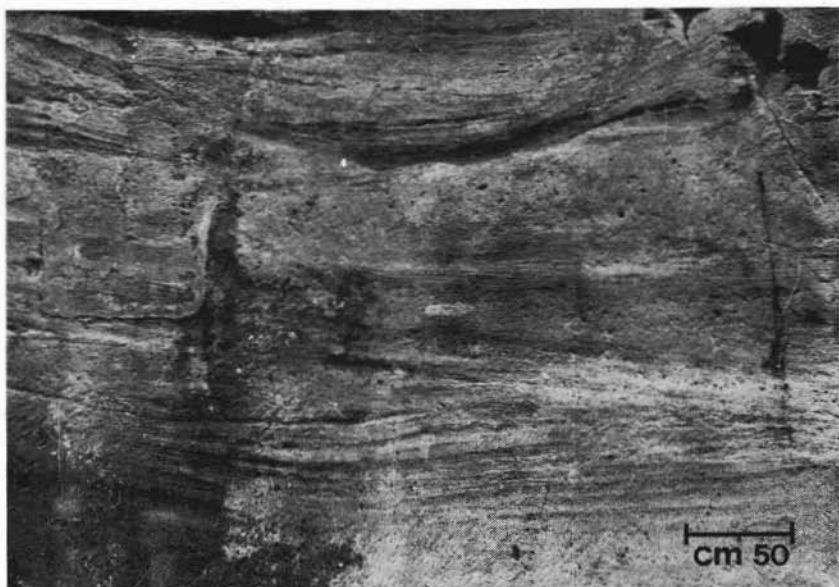


Fig. 13. — Napoli (Colli Aminei).

Particolare di un grosso banco di « tufo giallo napoletano » zeolitizzato e a stratificazione incrociata.



Fig. 14. — Litorale del Vesuvio fra Ponte Rivieccio e Torre del Greco. Incisioni e depositi torrentizi nella parte alta della formazione delle colate di fango del 79 d. C.

riscono una zeolitizzazione avvenuta dopo notevole diminuzione di temperatura; ad esempio il « tufo giallo napoletano » è zeolitizzato pur presentandosi in genere in potenti banchi a stratificazione incrociata (fig. 13). Pure zeolitizzati (phillipsite e cabasite) sono i depositi di « tufo campano » in facies gialla, a tessitura caotica ma comunque con neoformazione di zeoliti a bassa temperatura, che si rinvencono in zone alquanto distanti dalla pianura campana (Mirabella Eclano, prov. Avellino).



Fig. 15. — Litorale del Vesuvio, località Torre Bassano.

La formazione di piroclastico grossolano, prevalentemente alluvionale, compresa (in basso) fra la parte alta a stratificazione incrociata delle colate di fango del 79 d. C. e la lava (freccia) attribuita al 1631 su cui sorge la Torre Bassano.

2. - PRODOTTI SUCCESSIVI ALLE COLATE DI FANGO DEL 79 D. C..

Sopra la formazione del 79 d. C., dopo erosioni a volte intense si ha una serie di piroclastiti a stratificazione incrociata e spesso a grossi elementi (figg. 14, 15) deposte dalle acque dilavanti.

Questi prodotti, costituiti da frammenti lavici più o meno grossi, cenere, scorie e spesso frammenti soprattutto carbonatici del basamento sedimentario, potrebbero anche appartenere in parte ai materiali del 79 d. C. più pesanti e deposti da acque torrenziali di piogge particolarmente intense. Verso l'alto probabilmente derivano dalle eruzioni semipliniane mal conosciute e successive al 79 d. C..

Lo studio dettagliato di questi prodotti nella zona ora descritta e soprattutto in alcuni settori delle pendici del Somma e della pianura (zone di Ottaviano-Somma Vesuviana-Pomigliano d'Arco) potrebbe dare indicazioni petrografiche molto importanti sull'attività del Vesuvio in un periodo fino ad ora mal conosciuto. Lungo il litorale, comunque, non si hanno paleosuoli ben chiari che dividano i vari cicli di attività.

Tali prodotti stratificati sono sormontati in più punti da lave più o meno recenti (soprattutto lave del 1631 e 1794 - carta geologica e fig. 15).



Fig .16. — Lava del 1794 sul litorale di Torre del Greco.

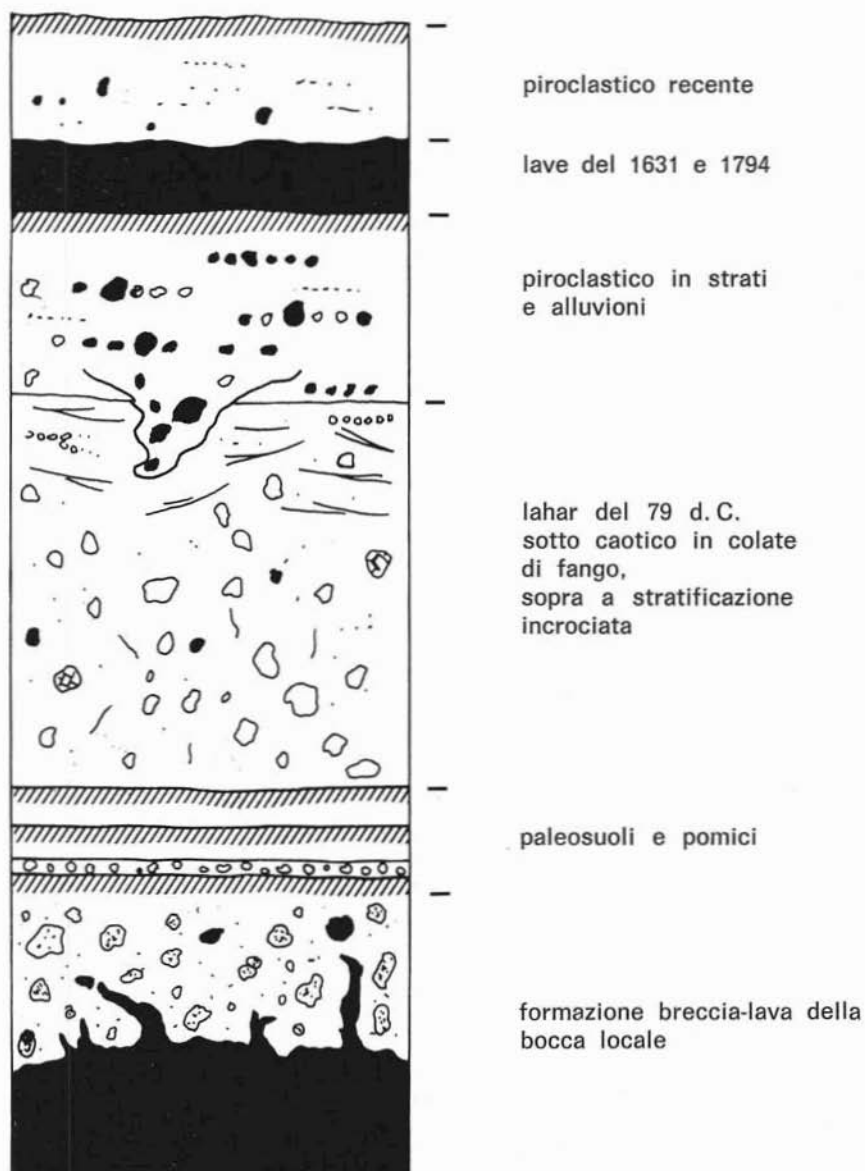


Fig. 17. — Colonna stratigrafica dei prodotti vulcanici rilevati lungo il litorale del Vesuvio nel tratto Ercolano-Torre Bassano.

Rami di lava della grande eruzione del 1631 emergono, lungo il litorale, direttamente sotto la Torre Bassano [25], al Ponte Rivieccio e a NW di Torre del Greco in località Calastro e Scogli della Scala [13].

Gran parte del litorale della città di Torre del Greco è costituito dalla lava del 1794 (fig. 16).

Prodotti piroclastici più recenti, in cui possono essere comprese piroclastiti del 1631, coprono i materiali ora descritti facendo emergere solo a tratti i prodotti del 79 d. C. in colata che probabilmente si trovano in tutta la zona descritta e si rinvencono anche più a Sud nella zona di Torre Annunziata. Agli scavi di Ercolano [5] e in qualche altro punto si osserva un paleosuolo fra tali piroclastiti recenti e quelle del 79 d. C..

Riporto in fig. 17 la colonna stratigrafica dei materiali rilevati lungo il litorale e nella cartina geologica la distribuzione dei vari prodotti.

Conclusioni.

Il rilevamento e lo studio petrografico nel tratto del litorale del Vesuvio compreso fra gli scavi archeologici di Ercolano e Torre Bassano permette di studiare soprattutto due formazioni interessanti, una costituita da prodotti di una bocca locale e l'altra formata dalle colate di fango calde del 79 d. C..

La formazione lava-breccia esplosiva emerge su un tratto di un chilometro circa; essa è coperta dalle colate del 79 e da altri prodotti più recenti per cui il rilevamento non permette di stabilire se si tratta di una sola bocca (cosa non molto probabile) o forse più bocche locali come ipotizzò il Le Hon [13] oppure emissioni lungo una frattura, per cui sarebbe più opportuno chiamare genericamente tale formazione «manifestazione locale». Questa manifestazione si ebbe nel periodo orvietico quando probabilmente la morfologia attuale del Vesuvio non esisteva; la sua posizione periferica la può far classificare come una bocca eccentrica.

E' interessante osservare che tale manifestazione si trova in una «zona fragile» del Somma-Vesuvio dove si hanno il conetto laterale preistorico dei Camaldoli di Torre e le varie bocche laterali, alcune formatesi negli ultimi tre secoli e qualcuna preistorica, situate nei settori a monte di Torre del Greco e Torre Annunziata. Probabilmente

anche la foam-lava degli scavi archeologici di Pompei è una manifestazione locale [8].

L'area vulcanica intorno al golfo di Napoli e ad Ischia è interessata da una tettonica recente con faglie e strutture a gradinate con direzione « tirrenica » (ENE) [18]; ciò è testimoniato anche dalle fosse di Magnaghi e Dohrn che si sviluppano nel golfo di Napoli nella stessa direzione. Indagini gravimetriche eseguite nella conca campana [16] e nella zona circumvesuviana [24] indicano che la tettonica del substrato del Somma-Vesuvio è interessata da due sistemi di fratture che seguono gli andamenti principali tirrenico (NE) e appenninico (NW).

Questi sistemi di faglie potrebbero trovare particolare espressione nel settore SW del Vesuvio in cui si trova la zona fragile suddetta con le numerose bocche e il conetto di scorie dei Camaldoli di Torre prima citati a cui si aggiunge la bocca locale descritta nel presente lavoro.

Questa « manifestazione » locale, come gli altri prodotti orvietici del Somma, ha probabilmente un'età successiva al Würm III e certamente precedente al 79 d. C..

La composizione chimica e anche le concentrazioni di uranio e torio del materiale lavico di tale bocca hanno valori che si avvicinano (soprattutto il torio) a quelli di altre lave orvietitiche.

Le osservazioni stratigrafiche e petrografiche sui prodotti del 79 d. C. permettono di studiare con un certo dettaglio le modalità di messa in posto delle « colate di fango calde » portando un contributo alle precedenti conoscenze su questa eruzione [19, 12, 5, 6, 14].

Alcuni caratteri tessiturali e geologici di questo lahar sono: la mancanza di classazione (sorting), l'assenza di impronte di carico, la grande capacità di trasporto, la notevole mobilità, la tendenza a colmare le irregolarità del substrato, le facies distali a stratificazione incrociata.

Nella facies inferiore in colata, formatasi in più di un'ondata e mobilizzata probabilmente dalle piogge che accompagnarono l'eruzione, si sono avuti principi di autopneumatolisi di basso ambiente idrotermale con neoformazione di zeoliti (cabasite) arrivando ad una « tuффizzazione » mediamente accentuata. La « facies fredda » superiore a stratificazione incrociata è interessata da alterazione essenzialmente atmosferica (halloysite).

La messa in posto della formazione, che supera spesso i 10 metri, probabilmente dovette far arretrare alquanto la linea di spiaggia in molti punti.

Lungo il litorale si possono osservare i prodotti di attività esplosive ed effusive successive al 79 d. C. e comprese quindi in un periodo del Vesuvio attualmente poco noto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRANCACCIO L. (1968) - *Genesi e caratteri delle forme costiere nella Penisola Sorrentina*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, vol. 77.
- [2] COOMBS D. S., ELLIS A. D., FYFE W. S. and TAYLOR A. M. (1959) - *The zeolite facies, with comments on the interpretation of hydrothermal syntheses*. Geoch. et Cosmochim. Acta, vol. 17.
- [3] CUCUZZA SILVESTRI S. (1962) - *Contributo alla classificazione del materiale vulcanico « ialoclastitico » della Sicilia*. Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat., s. IV, vol. VII, Catania.
- [4] DAUBRÉE A. (1879) - *Études synthétiques de géologie expérimentale*. Parigi. Citato da Deer, Howie, Zussmann in *Rock Forming Minerals*, vol. 4, pag. 400.
- [5] DI GIROLAMO P. (1963) - *La serie piroclastica dell'eruzione di Pompei*. Ann. Oss. esuv., s. VI, vol. V.
- [6] DI GIROLAMO P. (1968) - *Petrografia del Somma-Vesuvio: le serie piroclastiche*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., s. 4^a, vol. XXXV.
- [7] DI GIROLAMO P. (1968) - *Petrografia dei tufi campani: il processo di pipernizzazione (tufo → tufo pipernoide → piperno)*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., s. 4^a, vol. XXXV.
- [8] DI GIROLAMO P. (1968) - *Un esempio di lava schiuma (foam lava) in Campania (lava schiuma di Pompei scavi)*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., s. 4^a, vol. XXXV.
- [9] DI GIROLAMO P. (1969) - *Lave orvietitiche da trivellazioni nella zona del Somma-Vesuvio*. Rend. Soc. It. Min. e Petr., vol. XXV, fase. II.
- [10] FRANCO E., AIELLO R. (1969) - *Zeolitizzazione di vetri naturali*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., vol. XXXVI.
- [11] FORNASERI M., SCHERILLO A., VENTRIGLIA U. (1963) - *La regione vulcanica dei Colli Albani*. Le piroclastiti (Scherillo). C.N.R. Roma.
- [12] IPPOLITO F. (1950) - *Sul meccanismo del seppellimento di Pompei e di Ercolano*. « Pompeiana » raccolta di studi per il II cent. degli scavi di Pompei. Napoli.
- [13] LE HON H. (1865) - *Histoire complète de la grande éruption du Vesuve de 1631*. Bruxelles.
- [14] LIBER L., PESCATORE T. (1968) - *Studio sedimentologico delle piroclastiti del Somma-Vesuvio*. Atti Acc. Sc. fis. e mat., s. 3^a, vol. VII.

- [15] NORIN E. (1955) - *The mineral composition of the Neapolitan yellow tuff*. Geol. Rundschau, vol. 43.
- [16] OLIVERI DEL CASTILLO A. (1966) - *Considerazioni gravimetriche sul bacino eruttivo e sedimentario campano (anomalie residue di ordine $n-1$)*. Ann. Oss. Vesuv., s. VI, vol. VIII.
- [17] RAPOLLA A., VITTOZZI P. (1968) - *Radioactivity of the Vesuvian Lavas and Their Dating by the Disequilibrium $Ra^{226}-U^{238}$* . Bull. Vole., tome XXXII.
- [18] RITTMANN A. (1933) - *Die geologisch bedingt Evolution und Differentiation des Somma-Vesuvmagmas*. Zeits. für Vulkan., vol. XV.
- [19] RITTMANN A. (1950) - *L'eruzione vesuviana del 79 d.C.: Studio magmatologico e vulcanologico*. «Pompeiana» raccolta di studi per il II centen. degli scavi di Pompei. Napoli.
- [20] SCHERILLO A. (1955) - *Petrografia chimica dei tufi flegrei. II) Tufo giallo, mappamonte, pozzolana*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., s. 4^a, vol. XXII.
- [21] SCHERILLO A., FRANCO E. (1967) - *Introduzione alla Carta Stratigrafica del suolo di Napoli*. Atti Acc. Pontaniana. Nuova Serie, vol. 16.
- [22] SERSALE R. (1959) - *Ricerche sulla zeolitizzazione dei vetri vulcanici per trattamento idrotermale. Nota VI - Zeolitizzazione delle pomici e delle «pozzolane» del Vesuvio*. Rend. Acc. Sc. fis. e mat., s. 4^a, vol. XXVI.
- [23] SERSALE R. (1961) - *Ricerche sperimentali sulla costituzione, sulla genesi e sul comportamento chimico dei tufi vulcanici*. Rend. Soc. Min. It., vol. XVII.
- [24] TRIBALDO G., MAINO A. (1962) - *Rilevamento gravimetrico della zona circum-vesuviana*. Ann. Oss. Vesuv., s. VI, vol. IV.
- [25] VITTOZZI P., GASPARINI P. (1965) - *Datazioni di lave vesuviane*. Geof. e Meteor., vol. XIV n. 3-4.