
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

GIUSEPPE IMBÒ

**Concentrazioni: in ^{238}U , in ^{232}Th , in ^{226}Ra libero nel
magma vesuviano**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 57 (1974), n.5, p. 404–417.*
Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1974_8_57_5_404_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Fisica del vulcanismo. — Concentrazioni: in ^{238}U , in ^{232}Th , in ^{226}Ra libero nel magma vesuviano. Nota (*) del Socio Corrisp. GIUSEPPE IMBÒ.

SUMMARY. — The escape at the moment of the eruption in Vesuvian lava flow of a Thorium volatile component has been deduced on the basis that the presence of Mesothorium 1 (^{228}Ra) in lava flows is limited to only few years after the eruption.

In the same way, the excess of ^{226}Ra (m_{Ra}) in the specific mass relative to the ^{238}U content, is a proof of the escape also of a volatile component of the Uranium.

The presence of volatile components of the ^{238}U and ^{232}Th series in magmas was already called for in order to justify some peculiar behaviour in the magmatic evolution and in the eruptive dynamics.

The experimental data consist of measurements of total gamma ray radioactivity and recently of gamma ray spectrometry of lava samples erupted from 1631 to 1944. The time-variation of a fraction of the ^{226}Ra excess was considered as indicating a continuous decreasing of the ^{238}U magmatic content.

The above results suggest, on the basis of justified assumptions, the magmatic contents of ^{238}U , ^{232}Th , free ^{226}Ra , in equilibrium with the other components of their families. The obtained values, relative to 1944, are:

$$m_{\text{U}} = 3,28 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} \quad , \quad m_{\text{Th}} = 4,90 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} ,$$

$$\frac{m_{\text{Th}}}{m_{\text{U}}} = 1,50 \quad , \quad m_{\text{Ra}} = 1,47 \times 10^{-12} \text{ gr/gr} .$$

I metodi spettrometrici, particolarmente quello a raggi γ , introdotti, in anni piuttosto recenti, nelle indagini sulla radioattività dei prodotti eruttivi vesuviani, hanno consentito di avere, con sufficiente approssimazione, i valori delle concentrazioni per alcuni indicativi nuclidi delle serie naturali, e cioè per i tre nuclidi: ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra . Si è pertanto giustificativamente presunto di poter avere, nei riguardi della radioattività naturale, un quadro, ritenuto sufficientemente corretto, delle condizioni vigenti al momento delle rispettive emissioni, per i singoli datati campioni sottoposti ad analisi.

In base alle misure effettuate (P. Vittozzi, ... 1963, ... 1964, ... 1965), in relazione a colate laviche emesse tra il 1631 ed il 1944, si sono avute, per i primi due nuclidi precedentemente indicati, le seguenti masse specifiche:

$$(1) \quad \begin{cases} m_{^{238}\text{U}} = (1,50 \pm 0,21) \times 10^{-5} \text{ gr/gr} \\ m_{^{232}\text{Th}} = (3,16 \pm 0,38) \times 10^{-5} \text{ gr/gr} . \end{cases}$$

In quanto al ^{226}Ra , le concentrazioni, salvo casi di evidenti anomalie, variano nel senso di una media continua diminuzione al crescere dell'età (ε) del campione. Se le età vengono espresse in secondi, si ha:

$$(2) \quad \varepsilon = K(d^* - \tau_0) ,$$

(*) Presentata all'Accademia il 14 novembre 1974.

in cui d^* e τ_i rappresentano gli anni rispettivamente dell'effettuazione dell'analisi e dell'emissione della colata; e K esprime il numero di secondi per anno.

Invero le masse rilevate di ^{226}Ra risultano più alte di quelle in equilibrio con le rispettive masse di ^{238}U presenti. È stata rilevata, per la massa specifica (m_1) di ^{226}Ra libero, una variazione esponenziale, in modo che, se s'indica con m_1^* la relativa massa specifica per $\varepsilon = 0$ e con σ la costante di decadimento, si ha:

$$(3) \quad m_1 = m_1^* e^{-\sigma\varepsilon}.$$

Sono state considerate le sole due serie indipendenti di valori a disposizione, eseguite rispettivamente da Vittozzi e Gasparini (VG) (P. Vittozzi, ..., 1963) e l'altra da Rapolla e Vittozzi (RV) (A. Rapolla, ..., 1968). Nei due casi si sarebbe atteso per σ un valore uguale, o presso a poco uguale, alla costante di disintegrazione ($\lambda = 1.37 \times 10^{-11} \text{ sec}^{-1}$) del ^{226}Ra , in quanto la diminuzione nel tempo dei valori di m_1 si sarebbe potuta attribuire esclusivamente alla diminuzione secondo la legge caratteristica del ^{226}Ra . Invece nelle varie successive misure, con dati sempre più numerosi e con perfezionamenti nella conduzione delle svariate operazioni, si è sempre avuto:

$$(4) \quad \sigma > \lambda.$$

In considerazione di evidenti anomali (fig. 1) comportamenti per colate relativamente giovani, in contrasto con quelli concordi per le colate di maggiori età, i valori della costante σ sono stati dedotti per età per le quali si ha:

$$(5) \quad \Delta t = d^* - \tau_i > 100 \text{ anni.}$$

Nei riguardi delle anomalie, solo per esempio si fa rilevare che, per la massa specifica di ^{238}U (serie: VG) relativa alla lava del 1944, il valore ottenuto ($m_U = 2.4 \times 10^{-5} \text{ gr/gr}$) risulta più alto rispetto al valore medio indicato in (1) di circa il 60%, mentre l'errore relativo è di solo il 14%.

I valori di σ , ottenuti dalle due serie, risultano rispettivamente:

$$2.48 \times 10^{-11} \text{ (VG)} \quad ; \quad 4.25 \times 10^{-11} \text{ (RV)}.$$

Risultando più accettabile il secondo, anche in considerazione del maggior numero di dati, in base ai quali è stato dedotto, si è assegnato a tale valore un peso doppio rispetto all'altro, in modo da aversi il valore medio ponderato:

$$(6) \quad \sigma' = 3.66 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-1}.$$

Nell'ipotesi che vigessero anche per gli anni iniziali le stesse condizioni degli anni successivi, potrebbe assegnarsi ad m_1^* un significato di valore ipoteticamente reale.

Il valore comune ottenuto per entrambe le serie risulta:

$$(7) \quad m_1^* = 7.44 \times 10^{-12} \text{ gr/gr}$$

Esso invero rappresenta la massa specifica di ^{226}Ra libero relativa ad un presunto efflusso attribuibile all'anno:

$$\tau_i = a^* = 1963.$$

Per efflussi in altri anni, il valore, al momento dello sgorgo, sarebbe risultato eguale a quello indicato da (7) solo se si fosse avuto $\sigma' = \lambda$. Nel caso invece reale, condizionato dalla (4), giustificata a sua volta da un aumento progres-

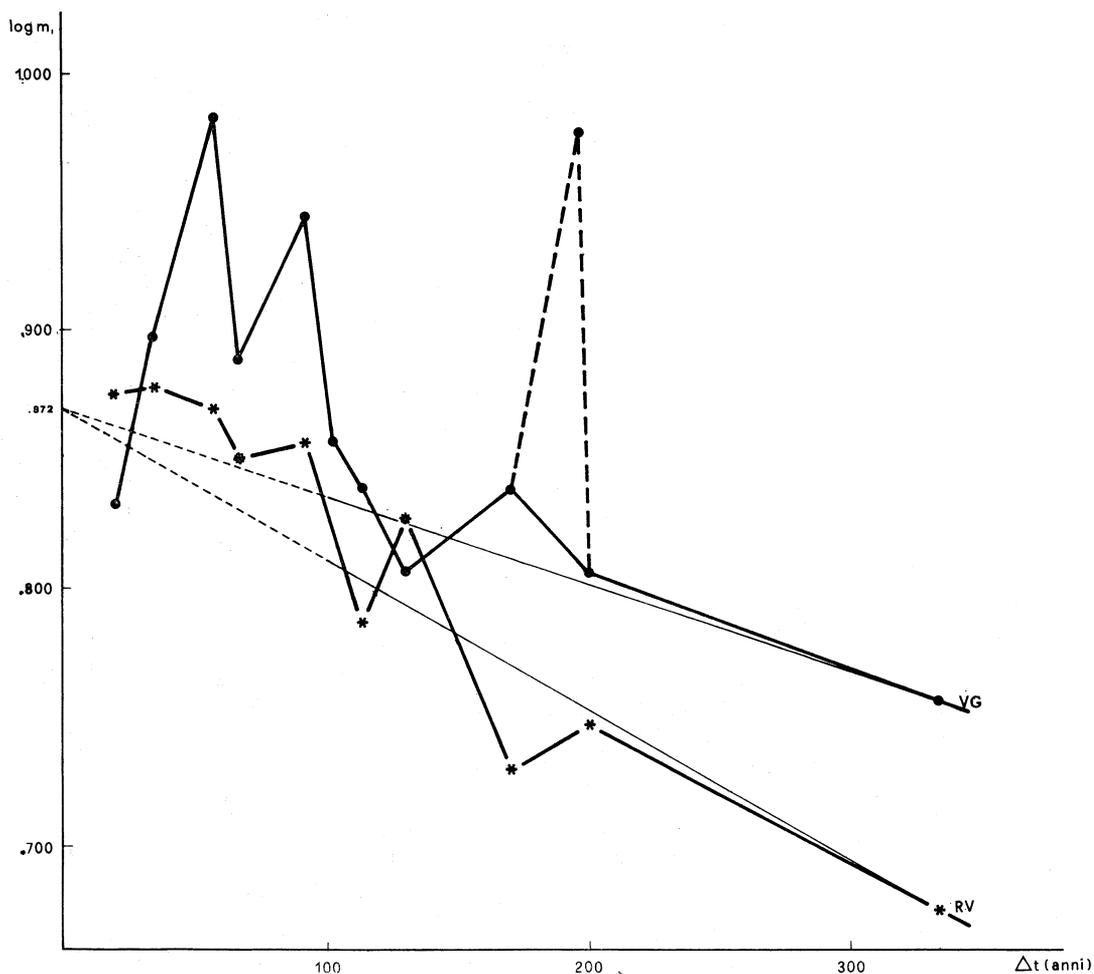


Fig. 1. - Variazione logaritmica, nel tempo, della massa specifica di ^{226}Ra libero (o di: $m_{1,i} = \Delta \text{Ra}_{(\Delta t)_i} \times 10^{12}$) rispetto alla concentrazione di ^{238}U per lave vesuviane, distintamente per le serie (VG) e (RV).

sivo nel prodotto di ^{226}Ra libero (col diminuire dell'età), in corrispondenza della data d'efflusso, il valore della massa specifica ($m_{2,i}^*$) può essere dedotto in base alla relazione:

$$(8) \quad m_{2,i}^* = m_1^* e^{-(\sigma' - \lambda)e_i},$$

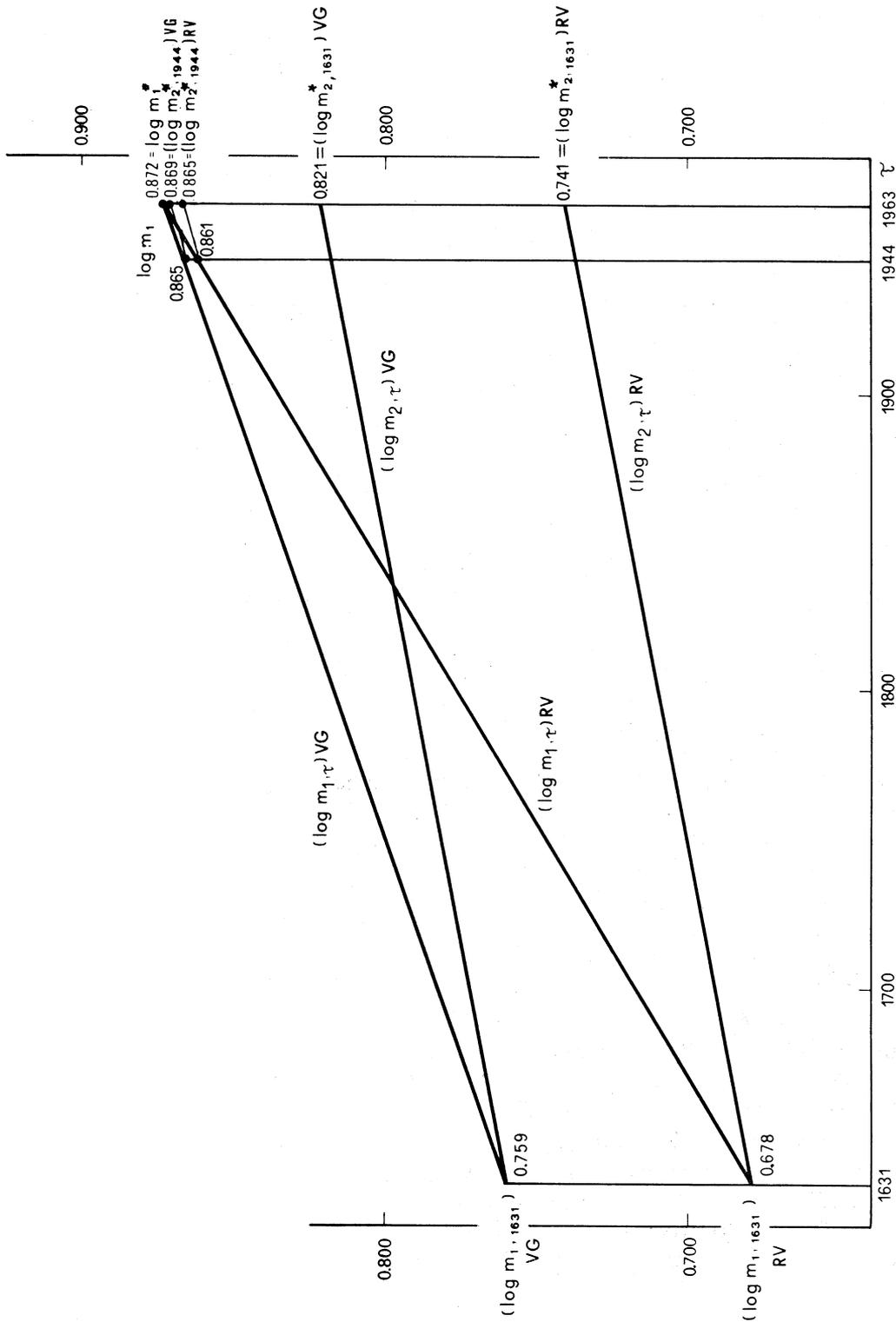


Fig. 2. - Variazione logaritmica, nel tempo, degli eccessi di ^{226}Ra secondo la legge rilevata dai dati osservati ($\log m_{1, \tau}$) e, per le due colate del 1631 e del 1944, secondo la legge di decadimento naturale del ^{226}Ra ($\log m_{2, \tau}$). Le analisi sono state effettuate nel 1963-1964.

in quanto successivamente all'efflusso il decadimento si verifica secondo la legge caratteristica del ^{226}Ra .

Si rileva pertanto che la differenza tra le concentrazioni di ^{226}Ra libero per due età ε_i ed $\varepsilon_{i'}$, tali che si abbia

$$\varepsilon_{i'} > \varepsilon_i,$$

risulta:

$$(9) \quad m_{2,i}^* - m_{2,i'}^* = m_{2,i'}^* (e^{(\sigma' - \lambda)\Delta\varepsilon_{i'}} - 1);$$

e conseguentemente, avvalendosi dei dati esposti (fig. 2), i valori delle masse specifiche di ^{226}Ra libero all'atto dell'efflusso risultano:

$$m_{2,1944}^* = 7.34 \times 10^{-12} \text{ gr/gr} \quad ; \quad m_{2,1631}^* = 5.87 \times 10^{-12} \text{ gr/gr},$$

con una differenza data da

$$(10) \quad \Delta m_2^* = 1.47 \times 10^{-12} \text{ gr/gr}.$$

Nei riguardi di una tale differenza si osserva che rispetto al valore medio quelli relativi agli anni estremi dell'intervallo considerato scartano presso a poco di $\pm 11\%$. Una tale percentuale è notevolmente superiore a quella attribuita alle singole misure (e cioè il $\pm 2\%$) (P. Vittozzi, ... 1964) in modo da risultare significativo il dedotto aumento progressivo nella concentrazione di ^{226}Ra libero.

I valori finora indicati delle concentrazioni ottenute per i vari nuclidi, in riferimento alle analisi sui campioni prelevati da varie colate, non possono invero ritenersi indicativi anche delle concentrazioni nel magma; in quanto non è possibile escludere a priori l'eventualità di subite modificazioni in corrispondenza della venuta all'esterno delle masse laviche. Si è ritenuto che un apporto per la soluzione del problema si sarebbe potuto avere in base ad una analisi critica della serie di osservazioni dirette di radioattività globale per raggi γ su colate laviche, effettuate nell'estate-autunno 1942 (G. Imbò, 1955; ... 1973). In base ai risultati ottenuti è stato già esposto il comportamento iniziale in relazione alle variazioni con l'età dell'intensità (numero di coppie di ioni per cm^3 e per sec. in aria normale) del complesso delle radiazioni γ emesse dalle colate. Non è necessario procedere per il momento ad un esame dettagliato dell'andamento rilevato; in quanto si è dell'opinione che per il prosieguo della ricerca possa essere sufficiente un'indagine anche sommaria del grafico ottenuto. Fu detto che in esso si rilevano tre tratti (fig. 3), l'ultimo dei quali « si riferisce invero alla diminuzione secondo una legge la cui costante di decadimento risulta dello stesso ordine di grandezza di quello del ^{226}Ra ». Per tale tratto (relativo ad età per le quali, espresse in anni (Δt), si abbia: $\Delta t > 60$ anni) si ritiene applicabile una relazione di tipo:

$$(11) \quad s_i = a + be^{-\sigma' \varepsilon}.$$

Per la deduzione delle due costanti a e b si assumono i due valori di si corrispondenti il primo al punto estrapolato della curva per $\Delta t = 100$ e l'altro a quello relativo a $\Delta t = 30$, ottenuto per estrapolazione del tratto compreso tra 60 e 100 anni, e ciò in considerazione della sua quasi rettilineità. In base alle due ottenute coppie di valori:

$$\Delta t_1 = 30 \quad , \quad si_1 = 25.75 \quad ; \quad \Delta t_2 = 100 \quad , \quad si_2 = 25.59,$$

si ottengono per a e b i valori:

$$a = 22.50 \quad ; \quad b = 3.32;$$

e pertanto, per $\Delta t = 0$;

$$(12) \quad si_0 = a + b = 25.82.$$

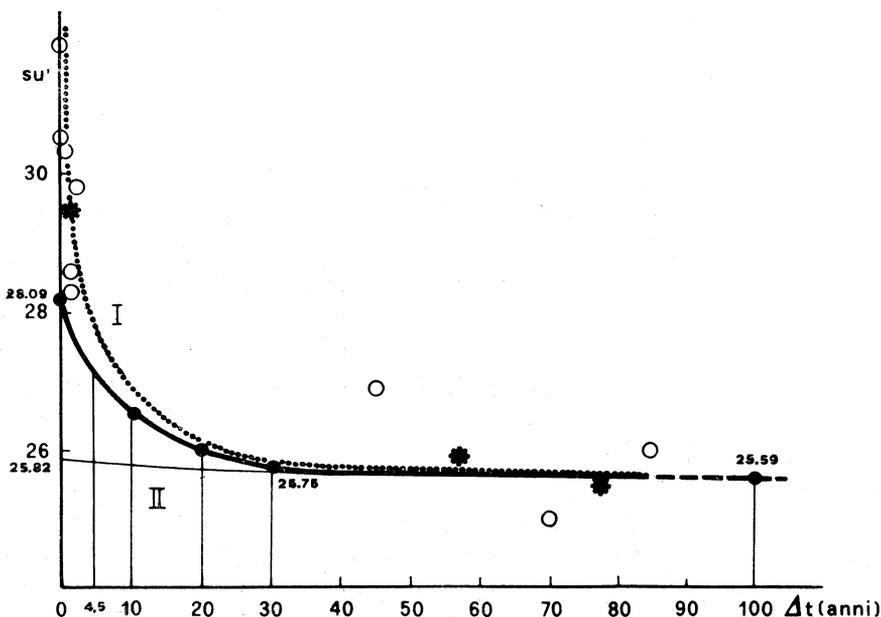


Fig. 3. - Variazione, per età (Δt) fino a circa 80 anni nell'intensità (si) della radioattività globale γ delle lave vesuviane (I), con indicazioni dell'andamento ritenuto normale (II) nonché di quello in cui si tiene conto anche della presenza iniziale di ^{228}Ra (Mesotorio I) reso libero per fuga di ^{232}Th .

Per differenza coi valori rilevati dalla curva ottenuta come estrapolazione invece del 2° tratto (quello che viene detto tratto di raccordo e che rappresenta il tratto principale per il relativamente lungo intervallo di sua presenza) si hanno in corrispondenza delle due età (in anni): 10 e 20, rispettivamente i valori:

$$\Delta si_1 = 0.80 \quad ; \quad \Delta si_2 = 0.20 ;$$

in modo che, nell'ammissione di una variazione di tipo esponenziale, viene dedotto per la costante di decadimento (σ_*) il valore:

$$\sigma_* = 3.32 \times 10^{-9} \text{ sec}^{-1},$$

e per l'intensità, per $\Delta t = 0$, il valore:

$$(\Delta s\dot{t})_0 = 2.27.$$

Si osserva che, nei riguardi di σ_* si ha un valore praticamente coincidente con quello di disintegrazione del Mesotorio I (^{228}Ra) dato da:

$$\Delta_{\text{Ms}} = 3.28 \times 10^{-9} \text{ sec}^{-1}.$$

In considerazione delle inevitabili incertezze nei riguardi dei valori utilizzati, potrebbero giustificativamente sorgere dubbi sulla significatività del risultato. Ma questi possono invero essere eliminati in base alla constatazione di una sua sostanziale pratica conferma anche, e comunque, variando le coppie di valori (necessarie per la deduzione delle costanti) nell'ipotizzato 2° tratto.

Emergerebbe pertanto dall'analisi effettuata la sicura presenza del Mesotorio I libero, rivelante, a sua volta, una fuga di ^{232}Th in corrispondenza dell'effusione. E ciò potrebbe considerarsi una prova della presenza nel magma di componenti volatili del Torio. D'altronde l'ammissione dell'esistenza nei magmi non solo di tali componenti ma anche di analoghi dell'Uranio è stata spesso sostenuta per avere una giustificazione delle rilevate modificazioni in seguito a subiti processi assimilativi da parte del magma (A. Rittmann, ... 1964) di masse provenienti da quelle entro le quali si è costituito il bacino magmatico. Si è invero invocato un processo pneumatolitico atto a dare non solo una giustificazione di arricchimenti dei due indicati nuclidi (G. Imbò, 1968; L. Civetta, ... 1965; G. Luongo, ... 1964, ... 1965), ma anche dei particolari comportamenti (M. Ferretti, ... 1953; ... 1955), specialmente per l'Uranio.

Le analogie constatate consentono di assegnare alla quasi totalità dell'eccesso di ^{226}Ra rilevato nelle lave la medesima funzione rivelatrice, nei riguardi dell' ^{238}U , di quella esercitata dal Mesotorio I (^{228}Ra) per il ^{232}Th ; in quanto entrambe le perdite di sostegno sarebbero attribuite a masse rispettivamente di Uranio e di Torio intramagmatiche sfuggite in corrispondenza dell'effusione. È necessario far presente che, mentre la fuga di ^{238}U comprenderebbe anche quella relativa al suo isotopo Uranio II (^{234}U), la fuga di ^{232}Th sarebbe comprensiva non solo di quella di Radiotorio (^{228}Th) ma anche dei suoi isotopi: Uranio X₁ (^{234}Th), Ionio (^{230}Th), che precedono il ^{226}Ra nella famiglia dell' ^{238}U .

Con ciò viene eliminata una delle eventuali obiezioni mosse alla ipotesi di una fuga iniziale di Uranio, in quanto almeno l'ordine di grandezza della costante di decadimento del rilevato eccesso di ^{226}Ra (qualora non fosse stata ammessa la fuga anche di Ionio) sarebbe dovuto concordare con quello relativo all'ultimo nuclide (10^{-18}). Bisogna inoltre rilevare che l'assenza di Mesotorio I nelle colate esaminate viene senz'altro giustificata dall'elevato valore della sua costante di disintegrazione, in modo da aversi una sua pratica scomparsa dopo solo un numero relativamente esiguo di anni a partire dalla data dello sgorgo lavico. D'altronde l'esistenza di siffatte condizioni iniziali potrebbe contribuire (in considerazione anche dei criteri seguiti per le analisi) a dare

una giustificazione delle constatate irregolarità (per le giovani colate) nell'esame delle variazioni delle concentrazioni con l'età (fig. 1).

L'ammissione inoltre della presenza nel magma, allo stato di volatili, di composti dei due detti nuclidi capostipiti delle famiglie radioattive naturali, ad in particolare dell'Uranio, darebbe la possibilità di avere una giustificazione dell'ammesso progressivo aumento di ^{226}Ra libero, in quanto attribuito all'effetto della diffusione intramagmatica ed in conseguenza della riduzione graduale nella concentrazione del nuclide ^{238}U . Si è invero escluso che la variazione temporale di ^{226}Ra libero possa essere attribuita, almeno in modo sensibile, ad un apporto esterno (L. Civetta, ... 1970). Volendo invero dedurre, in base alle esposte ammissioni, l'entità della diminuzione nella concentrazione di ^{238}U entro un intervallo di tempo, occorre tener presente che essa non può essere ottenuta direttamente dalla (9), ossia dall'aumentata massa specifica di ^{226}Ra libero nello stesso intervallo a causa del subentrato più rapido decadimento naturale, man mano che le masse di ^{226}Ra vengono liberate.

Se s'indica con ε' l'età della colata di riferimento il valore della variazione nella concentrazione di ^{238}U è deducibile dalla relazione:

$$(13) \quad (\Delta m_{\text{U}})_i = \frac{\lambda_{\text{Ra}}}{\lambda_{\text{U}}} \frac{238}{226} m_{2,e'}^* \frac{\sigma' - \lambda}{\sigma' - 2\lambda} e^{\lambda \Delta \varepsilon'} [e^{(\sigma' - 2\lambda) \Delta \varepsilon'} - 1].$$

Viene scelto come anno di riferimento il 1631, per il quale anno viene supposto, in base a giustificate considerazioni, che nel magma fosse praticamente assente il ^{226}Ra libero. In conseguenza dell'accrescimento progressivo della sua massa specifica, tra il 1631 ed il 1944 la corrispondente diminuzione nella concentrazione di ^{238}U , in base alla (13), risulta:

$$(\Delta m_{\text{U}})_{1944} = 0.45 \times 10^5 \text{ gr/gr.}$$

Possono essere pertanto assegnate, per gli anni estremi dell'intervallo considerato (in base ai valori delle masse, ottenuti per le due serie e seguendo i medesimi criteri precedentemente esposti), le concentrazioni in ^{238}U , date da:

$$(m_{\text{U}})_{1,1944} = 1.55 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} \quad ; \quad (m_{\text{U}})_{1,1631} = 2.00 \times 10^{-5} \text{ gr/gr}.$$

Questi valori danno conto solo della variazione intramagmatica nelle concentrazioni, in conseguenza del processo diffusivo, di ^{238}U .

L'altra parte, relativa alla perdita del detto nuclide in seguito alla venuta all'esterno delle colate laviche, assume in ciascuna delle due serie un valore costante. Il valore medio, ottenuto come al solito, risulta:

$$(m_{\text{U}})_2 = 1.74 \times 10^{-5} \text{ gr/gr,}$$

Le concentrazioni magmatiche in ^{238}U risultano pertanto date da:

$$(14) \quad (m_{\text{U}})_{1944} = 3.28 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} \quad ; \quad (m_{\text{U}})_{1631} = 3.74 \times 10^{-5} \text{ gr/gr},$$

in modo da rilevarsi per il 1944 una riduzione rispetto al valore del 1631 all'incirca dell'11 % (fig. 4). Un tale valore risulta accettabile, in quanto, a

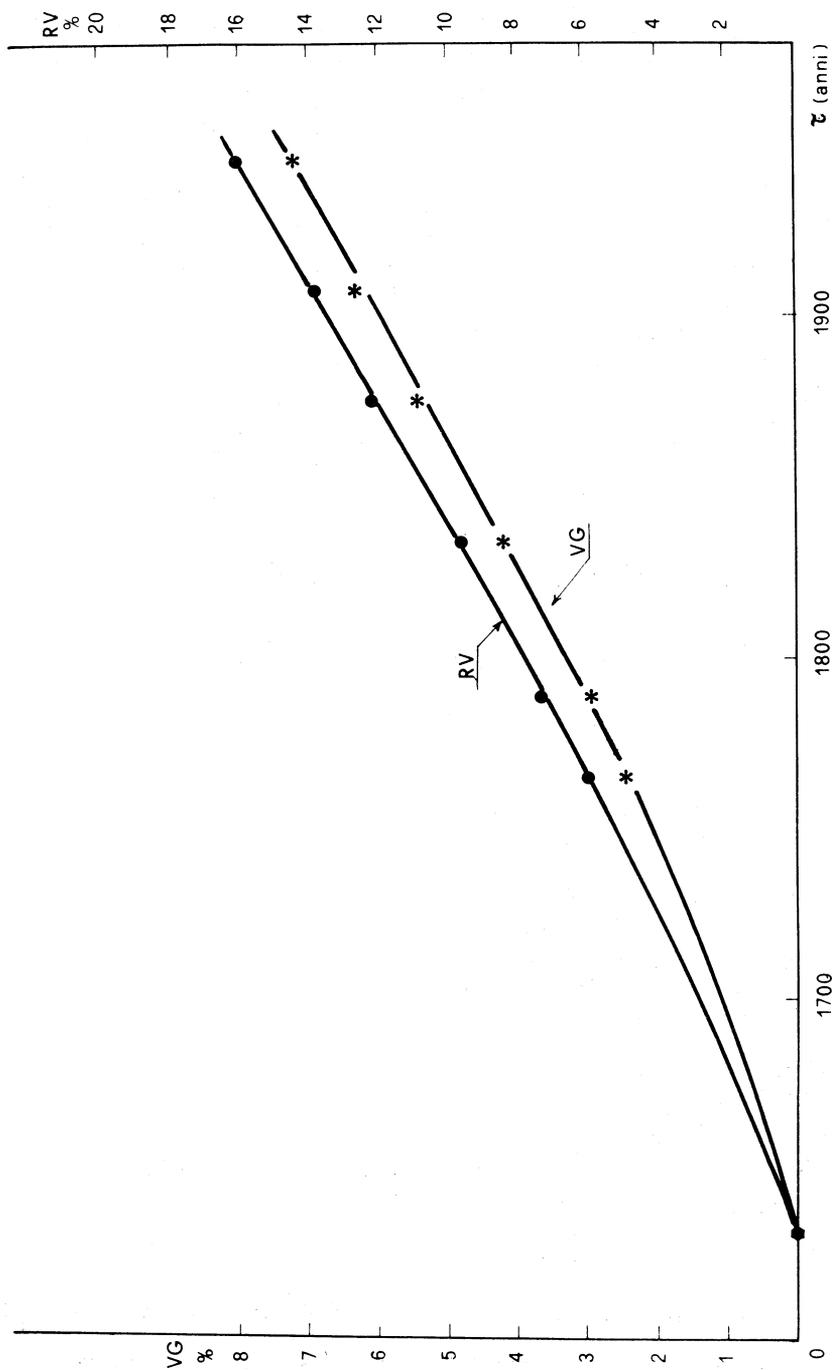


Fig. 4. - Percentuali relative alle diminuzioni, nel tempo, della concentrazione magmatica di ^{238}U rispetto al valore medio della massa specifica per l'intervallo 1631-1944, distintamente per le due serie (VG) e (RV).

parte l'entità, è stato rilevato un comportamento del genere anche in occasione dello studio per il Vesuvio della variazione temporale del coefficiente di viscosità magmatica (G. Imbò, 1967; G. Imbò, ... 1968).

Nei riguardi del ^{232}Th i dati a disposizione consentono di dedurre i valori medi (in relazione al prodotto) ottenuti per entrambe le serie. Le concentrazioni, relative alla parte rilevata dalle analisi effettuate sui campioni (P. Vittozzi, ..., 1963; A. Rapolla, 1966), risultano, sempre per gli anni estremi dell'intervallo considerato, le seguenti:

$$(15) \quad (m_{\text{Th}})_{1,1944} = 2.49 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} \quad ; \quad (m_{\text{Th}})_{1,1631} = 2.83 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} ,$$

con una diminuzione (relativa all'intervallo) all'incirca del 13 %.

In quanto all'altra parte per poter avere dati quantitativi non risulta sufficiente l'indagine condotta a finalità prettamente qualitativa e di cui già in precedenza si è riferito. Occorre invero introdurre un criterio atto a tradurre le rilevate intensità in masse di nuclidi delle famiglie radioattive naturali (^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th) in equilibrio con tutti i nuclidi successivi emittenti raggi γ . Pur se non sia rigorosamente accettabile, può ritenersi valida per la ricerca una semplice relazione di proporzionalità tra l'intensità della radioattività globale del suolo e l'energia complessiva (E) liberantesi in seguito alla molteplicità delle disintegrazioni per emissioni di raggi γ e riferita all'unità di massa del prodotto. L'espressione di E (con le ovvie limitazioni) viene data dalla relazione:

$$(16) \quad E = N_0 \left[\lambda_{\text{U}} \frac{m_{\text{U}}}{238} \Sigma \epsilon_{\text{U}} + \lambda_{\text{Ra}} \frac{m_{2,\Delta t}}{226} \Sigma \epsilon_{\text{Ra}} + \lambda_{\text{Th}} \frac{m_{\text{Th}}}{232} \Sigma \epsilon_{\text{Th}} \right] ,$$

in cui:

$N_0 = 6.06 \times 10^{23}$, m_{U} , $m_{2,\Delta t}$, m_{Th} esprimono le concentrazioni dei relativi nuclidi nell'anno di effettuazione delle misure in campagna e dedotte dalle analisi dei campioni datati.

I valori dei tre sommatori (J. Adams, ... 1970; P. Vittozzi, ... 1962), che danno le energie (esprese in Mev) riferite alla totalità delle disintegrazioni cui corrispondono effetti sensibili e comprese nei relativi campi precedentemente indicati, risultano:

$$\Sigma \epsilon_{\text{U}} = 1.71 \quad ; \quad \Sigma \epsilon_{\text{Ra}} = 1.62 \quad ; \quad \Sigma \epsilon_{\text{Th}} = 2.07.$$

L'ammessa relazione è espressa da:

$$(17) \quad s\acute{u} = cE.$$

in cui la costante c rappresenta l'intensità globale della radioattività del suolo per 1 Mev.

Per la determinazione della costante s'è scelto un valore di $s\acute{u}$ corrispondente ad un'età per la quale deve essere ritenuta inesistente o trascurabile un eventuale azione anomala. S'è scelto per le intensità il valore relativo ad un presunto efflusso, attribuito al 1875. Le osservazioni sulla radioattività del suolo furono effettuate nell'estate-antunno 1942, in modo da poter assegnare,

come data media (d') dell'osservazione, il 1942.8. Per il 1875 si ha pertanto:

$$\Delta t' = 67.8 \text{ anni} \quad ; \quad s'_{\Delta t'} = 25.71.$$

Mentre per i valori di m_U e di m_{Th} si possono accettare come validi i valori relativi alla data del presunto efflusso; nei riguardi invece della concentrazione di ^{226}Ra libero il valore (riferito all'anno d') della massa specifica ($m_{2,\tau'}$) per una colata sgorgata nell'anno τ' viene dedotto in base alla relazione:

$$(18) \quad m_{2,\tau'} = m_{2,i}^* e^{-\lambda K(d' - \tau')},$$

in cui $m_{2,i}^*$ rappresenta la massa specifica riferita all'anno τ' d'efflusso. In riferimento all'anno del presunto efflusso, viene dedotto per la costante c il valore:

$$c = 26.45.$$

Potrebbe ritenersi una conferma dell'accettabilità del metodo la pratica eguaglianza dei valori di $(s'_{\Delta t'})_0$ nel caso attuale (25.78) ed in quello (12), di cui si è già precedentemente riferito (25.82).

Dalle differenze tra i valori osservati in relazione alla radioattività del suolo e quelli calcolati nell'ipotesi della validità della (17) e che tutto si svolgesse secondo l'andamento normale, si sono avuti i seguenti valori:

$$(19) \quad \begin{array}{cccccccc} \Delta t' & 0.4 & 0.8 & 1.1 & 1.7 & 2.7 & 4.8 & 67.8 \\ \Delta s'_{\Delta t'} & 6.06 & 4.67 & 4.48 & 2.54 & 4.02 & 2.78 & 0.00 \end{array}$$

Un'analisi dettagliata dell'andamento temporale rivela la sua complessità. Esso invero non è interpretabile con la sola netta presenza nel prodotto di Mesotorio I libero decadente con la legge che egli è propria, e conseguentemente con la ricostituzione del Radiotorio esalato insieme al Torio, quale suo isotopo. Una giustificazione invero del comportamento esige che la liberazione del Mesotorio I non sia istantanea; ma, se pur rapida, sia graduale; in modo da aversi, nei pochissimi mesi iniziali, la presenza anche di Torio, con massa specifica riducentesi seguendo una legge ritenuta esponenziale. La dedotta costante di decadimento per fuga (p^*) risulta:

$$(20) \quad p^* = 3.70 \times 10^{-8} \text{ sec}^{-1},$$

alla quale corrisponde un tempo di dimezzamento ($T_{1/2}$) in anni dato da:

$$T_{1/2} = 0.6.$$

La massa specifica iniziale di ^{232}Th esalante dalla lave è stata dedotta seguendo quattro criteri diversi. I valori ottenuti ($\times 10^5$) sono:

$$2.59 \quad ; \quad 2.52 \quad ; \quad 2.47 \quad ; \quad 2.06.$$

In media si ha:

$$(21) \quad (m_{Th})_2 = 2.41 \times 10^{-5} \text{ gr/gr}.$$

Per una giustificazione totale del grafico (fig. 5), nell'assunzione che si abbia, per $\varepsilon = 0$, $(\Delta s\dot{u})'_0 = 10.72$, bisogna ammettere la presenza iniziale nelle lave anche di masse di Radiotorio extramagmatico, in quanto introdottosi insieme al Torio nelle masse emergenti dalle pareti che le avvolgono. Si suppone che

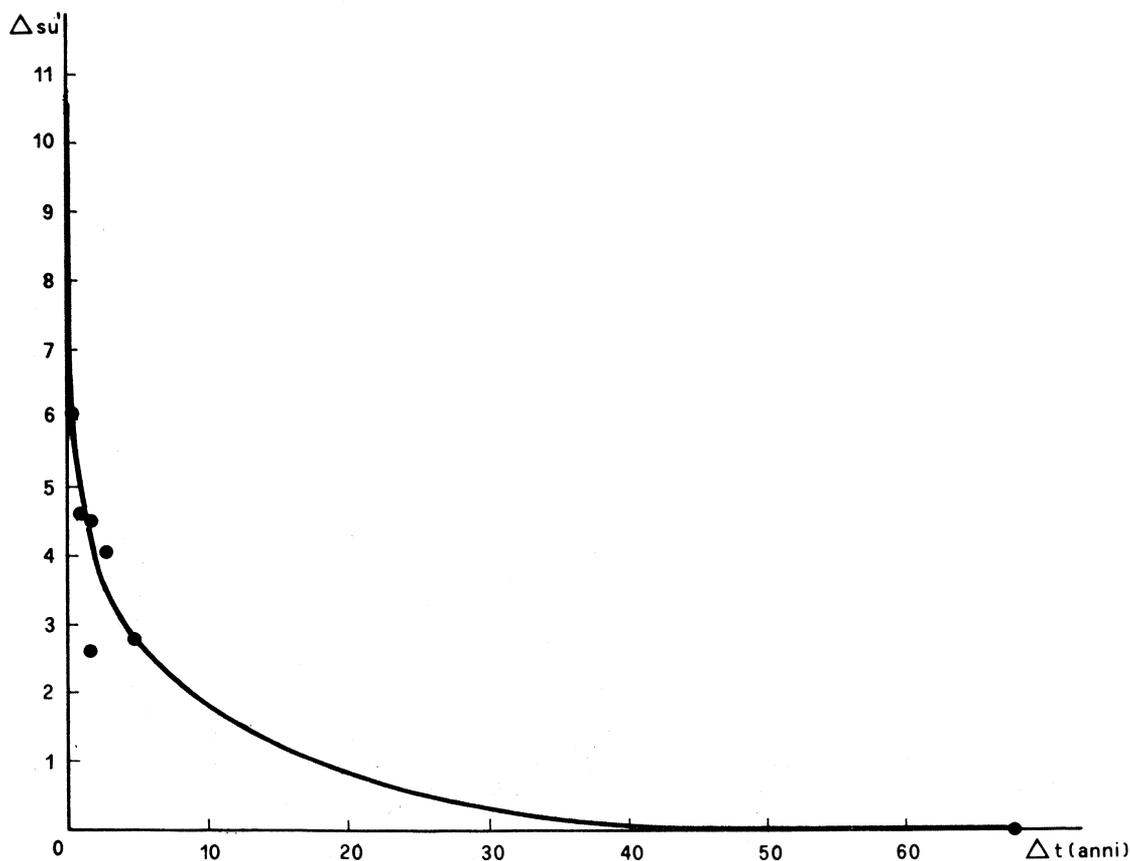


Fig. 5. - Variazione temporale, per età fino a circa 80 anni, negli eccessi dell'intensità della radioattività globale $\gamma(\Delta s\dot{u})$ delle lave vesuviane rispetto all'andamento, ritenuto normale, dato da: $s\dot{u} = a + be^{-\sigma t}$.

nel momento iniziale il Radiotorio fosse in equilibrio con il Torio extramagmatico con esso esalante. È necessario rilevare che della detta intensità iniziale bisogna tener conto solo di una metà; in quanto l'altra metà corrisponde all'azione del Torio magmatico, già considerata. In base pertanto a tali premesse viene dedotta per la massa specifica iniziale di Torio extramagmatico $(m_{\text{Th}})_{\text{ext}}$ il valore:

$$(22) \quad (m_{\text{Th}})_{\text{ext}} = \sim 3.6 \times 10^{-5} \text{ gr/gr} .$$

È opportuno ancora rilevare che non sono state affatto considerate le azioni relative alla presenza di ^{238}U magmatico, in quanto esigua, dovendo consi-

derare le sole azioni relative ai nuclidi pre-radio. Nei riguardi invece dell'Uranio extramagmatico, analogamente a quanto viene assunto per il Torio sempre extramagmatico, le azioni devono essere considerate, almeno praticamente, nulle; e ciò a causa dell'assenza (o quasi) di tutti i nuclidi successivi emittenti raggi γ , in considerazione del supposto brevissimo intervallo di tempo di soggiorno nelle masse (poi laviche) prima del loro efflusso. Si fa presente che la frazione d'intensità riferibile alle emissioni γ per nuclidi pre-radio, relativamente all' ^{238}U magmatico, risulta rientrante nell'ordine di grandezza degli errori, in quanto il suo valore risulta presso a poco eguale a 0.5.

In riferimento al Torio magmatico devono pertanto essere considerate le sole due parti date rispettivamente da quella rilevata nel prodotto (15) e dall'altra esalante in corrispondenza dell'efflusso (21). In riferimento al 1944 la concentrazione, data dalla somma delle due parti, risulta:

$$(23) \quad m_{\text{Th}} = (m_{\text{Th}})_{1,1944} + (m_{\text{Th}})_2 = 4.90 \times 10^{-5} \text{ gr/gr}.$$

Dalle (14) si rileva che per il 1944 si ha inoltre:

$$(24) \quad m_{\text{U}} = 3.28 \times 10^{-5} \text{ gr/gr},$$

in modo che, come rapporto tra le due concentrazioni, si deduce il valore:

$$(25) \quad \left(\frac{\text{Th}}{\text{U}}\right) = 1.50.$$

Un tale valore risulta invero eguale a quello più basso rilevato per le lave coeve di alcuni vulcani ed in particolare per il Somma-Vesuvio (L. Civetta, ... 1970).

Per un completamento del quadro della radioattività magmatica, nei riguardi delle famiglie radioattive naturali, in riferimento sempre al 1944, bisogna aggiungere la massa specifica di ^{226}Ra libero (ed indicata dalla (10)) in equilibrio radioattivo coi nuclidi successivi. Si ha pertanto:

$$(26) \quad m_{\text{Ra}} = 1.47 \times 10^{-5} \text{ gr/gr}.$$

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS J. A. S. e GASPARINI P. (1970) - *Gamma-Ray Spectrometry of Rocks*, Elsevier Publishing Company (J. Adams, ... 1970).
- CIVETTA L., GASPARINI P. e ADAMS J. A. S. (1970) - *Geochronology and Geochemical trends of Volcanic rocks from Campania*, «S. Italy, *Eclogae Geologicae Helvetiae*», 63 (L. Civetta, ... 1970).
- CIVETTA L., GASPARINI P. e RAPOLLA A. (1965) - *Aspetti dell'evoluzione magmatica del Vulcano di Roccamonfina attraverso misure di radioattività*, «Ann. Oss. Ves.», ser. VI, (L. Civetta, ... 1965).
- FERRETTI-SFORZINI M. A. e FESTA C. (1953) - *Sulla radioattività delle lave del Vesuvio*, «Ist. di Fis. dell'Univ. di Roma; Ist. Naz. di Fis. Nucl. Sez. Roma», Rel. semestrale, n. 3, 15 luglio 1953 (M. A. Ferretti, ... 1953).

- FERRETTI-SFORZINI M. A., FESTA C. e IPPOLITO F. (1955) - *Sulla dipendenza dalla data di eruzione della radioattività delle lave vesuviane*. Atti del 1° Conv. di Geol. Nucl. C.N.P.L.R.N. - Roma (M. Ferretti, ...1955).
- IMBÒ G. (1955) - *Studio radiometrico del Gran Cono Vesuviano*. Atti del 1° Conv. di Geol. Nucl. C.N.P.L.R.N. - Roma (G. Imbò, 1955).
- IMBÒ G. (1967) - *Sulla viscosità magmatica*, « Stromboli », 10, (G. Imbò, 1967).
- IMBÒ G. (1973) - *Sulla radioattività globale dei recenti prodotti eruttivi vesuviani*, « Rend. Acc. Sc. Fis. e Mat. », ser. IV, 40, Napoli (G. Imbò, 1973).
- IMBÒ G., GASPARINI P., LUONGO G. e RAPOLLA A. (1966) - *Contribution to the volcanological researches by determination of the Radioactivity of Eruptive products*, « Bull. Volc. », 32 (G. Imbò, ...1966).
- IMBÒ G. e LUONGO G. (1968) - *Contribution to the knowledge of the magmatic evolution by the study of the variation of the coefficient of viscosity*, « Bull. Volc. », 32 (G. Imbò, ...1968).
- LUONGO G. e RAPOLLA A. (1964) - *Contributo allo studio dell'evoluzione del magma Somma-Vesuviano mediante la determinazione delle concentrazioni in isotopi radioattivi: U^{238} , Th^{232} , Ra^{226} , K^{40}* , « Ann. Oss. Ves. », ser. VI, 6 (G. Luongo, ...1964).
- LUONGO G. e RAPOLLA A. (1965) - *Considerazioni sulle concentrazioni in isotopi radioattivi di campioni lavici del Somma-Vesuvio*. Atti XII Conv. Ann., Ass. Geof. Ital., Roma (G. Luongo, ...1965).
- RAPOLLA A. (1966) - *Spettrometria gamma di campioni lavici delle eruzioni vesuviane del 1631 e del 1944*, « Am. Oss. Ves. », ser. VI, 8 (A. Rapolla, 1966).
- RAPOLLA A. e VITTOZZI P. (1968) - *Radioactivity of the Vesuvian Lavas and their dating by the disequilibrium Ra^{226} - U^{238}* , « Bull. Volc. », 32 (A. Rapolla, ...1968).
- RITTMANN A. e IPPOLITO F. (1964) - *Sulla stratigrafia del Somma-Vesuvio*, « Mem. e Note dell'Ist. di Geol. appl. dell'Univ. di Napoli », 8 (A. Rittmann, ...1964).
- VITTOZZI P. e GASPARINI P. (1962) - *Determinazione della concentrazione di isotopi radioattivi nelle rocce mediante la spettrometria gamma*. Atti XII Conv. Ann. Ass. Geof. Ital., Roma (P. Vittozzi, ...1962).
- VITTOZZI P. e GASPARINI P. (1963) - *Ulteriori determinazioni delle concentrazioni in isotopi radioattivi delle lave vesuviane*. Atti XIII Conv. Ann. Ass. Geof. Ital., Roma (P. Vittozzi, ...1963).
- VITTOZZI P. e GASPARINI P. (1964) - *Gamma ray spectra of some lavas from Vesuvius*, « Bull. Volc. », 27 (P. Vittozzi, ...1964).
- VITTOZZI P. e GASPARINI P. (1965) - *Datazioni di lave vesuviane*, « Geofisica e Meteorologia », 14 (P. Vittozzi, ...1965).